



**Evaluering af  
Unaaq 13-19**

**BYG R-407, 2019**

**Forfattere**

Tove Lading  
lektor, arkitekt maa, Byg DTU

Eva B. Møller  
seniorforsker, SBi / AAU



# **Unaaq 13-19, Nuuk**

## Evaluering

Marts / august 2019

Rapport BYG SR 19-01  
2019

Forfattere: Tove Lading, lektor, arkitekt maa, DTU Byg  
Eva B. Møller, seniorforsker, Statens  
Byggeforskningsinstitut / Aalborg Universitet<sup>1</sup>

Copyright: Hel eller delvis gengivelse af denne publikation er tilladt med kildeangivelse  
Forsidefoto: Tove Lading  
Udgivet af: Danmarks Tekniske Universitet / Institut for Byggeri og Anlæg (BYG DTU)  
Rekvireres: [www.dtu.dk](http://www.dtu.dk)  
ISSN: 1393-402X (elektronisk udgave)

---

<sup>1</sup> Eva Møller var, mens evalueringen blev udført, seniorforsker på Statens Byggeforskningsinstitut med speciale i fugt- og varmetransport i konstruktioner.

Pr. 1. juni 2019 er hun ansat på DTU Byg som professor i arktisk bygningsdesign.

# Indhold

Resumé .....	7
Opgaven.....	8
1. Konstruktion – opbygning og principper .....	13
2. Registreringer og diskussion.....	21
3. Forslag til udbedring .....	40
4. Udbedring, anbefaling.....	46
5. Konklusion .....	47
Referencer.....	51



## Resumé

Illuut A/S har bedt DTU Byg v/ lektor Tove Lading om at evaluere boligbyggeriet Unaaq 13-19. Baggrunden er en række problemer med bl.a. kolde flader, ispropper i varmerørene, samt utilstrækkelig mulighed for at opvarme til normal stuetemperatur. Problemerne er registreret i nogle lejligheder – ikke alle, og er også vejrafhængige.

Evalueringen har alene baggrund i disse problemstillinger, og er ikke udtryk for en generel overordnet evaluering af hele byggeprojektet.

Evalueringen har ikke haft til formål at placere et ansvar.

Byggeriet omfatter 48 boliger, og er opført med insitu-støbte facader i beton, udvendigt isoleret med REDAir systemet og beklædt med Rockpanel. Ifølge producenten gennemblæses REDAir-systemet ikke, hvis det monteres korrekt og klimaskærmen bagved er vindtæt. Byggeriet er derfor udført uden separat vindspærre. Der er lette facadepartier ved altanerne. Byggeriet er ibrugtaget i 2017, i to omgange med ca. 9 måneders mellemrum.

Lektor Tove Lading har sammen med seniorforsker SBI Eva B. Møller foretaget evalueringen i februar-marts 2019, som beskrevet senere.

På baggrund af dette tyder alt på, at problemerne er forårsaget af følgende:

- REDAir-systemet var helt nyt på markedet, og Unaaq var et af de første steder, hvor det blev anvendt.
- Der var øjensynlig ikke udsendt færdige og fyldestgørende produktanvisninger for montering af REDAir-systemet, og erfaringerne med det var begrænsede (gælder både andre arktiske egne og Danmark).
- Entreprenøren efterspurgte anvisninger på monteringen, men fik ikke klare svar.
- Som følge af dette er der en række fejl i anvendelsen af produktet og sammenbygningen med andre bygningsdele, som gør at vindtætningen er utilstrækkelig. Bl.a. er betonen ikke så jævn som foreskrevet i de nugældende monteringsanvisninger. Visse steder er der mange tilpasningsstykker i isoleringen, og samlingerne er formentlig utætte.
- Det betyder, at der ved højt vindtryk og lave temperaturer kan trænge kold luft ind bag isoleringen og medføre kolde overflader på vægge og gulve.
- Monteringsdetaljerne omkring det lette facadeparti og sammenbygningen med betonkonstruktionen (fugerne) er ikke klart beskrevet. Formentlig er varmerørene ikke tilstrækkeligt isoleret mod kuldepåvirkning udefra; dels fordi der er meget snæver plads til føringsveje; dels fordi de lette partier er monteret med metalbeslag, der kan blive meget kolde, og som varmerørene p.g.a. pladsforholdene visse steder kan røre ved.
- Der er også andre forhold, der gør sig gældende – se uddybning i senere afsnit.
- Fokus fra bygherrens side har været på anvendelse af uorganiske materialer. Formentlig har man haft så meget fokus på dette, at man ikke har været tilstrækkeligt opmærksom på at kvalitetssikre detaljløsningerne. Fx har man i anden etape af byggeriet valgt en monteringsskinne i metal, selv om den træbaserede planke er bedre som vindtætning. Metal-skinnen var også så nyudviklet, at der ikke var udviklet en skrue til montering af facadeplader. Derfor er pladerne på disse to blokke monteret med nitter, hvilket vanskeliggør demontering og udskiftning af plader i forbindelse med reparationer.  
Det er dog muligt, at man ikke var klar over disse forhold på det tidspunkt, hvor beslutningen blev taget.

# Opgaven

## Projektet - Unaaq 13-19

48 boliger på 2-3 værelser, fordelt på 4 blokke.

Opført 2016-17.

Første etape nr. 13-15 er ibrugtaget i marts 2017, anden etape i december 2017.

Bygherre: Grønlands Selvstyre v/ Departementet for Boliger m.v.

Ingeniører: Inuplan A/S

Arkitekter: Clement & Carlsen ApS

Entreprenør (beton, tømrer): Permagreen A/S

Bygherretilsyn: LH Siunnersorti ApS

Ejer: Illuut A/S

## Byggeprogram

Bygherrens ønsker, jf Clement & Carlsen:

- Ønske om billige boliger, så et par med to SIK-lønninger havde råd til at bo der.
- Derfor små boliger:<sup>2</sup>
  - 2-rums bolig = ca. 45 m<sup>2</sup>
  - 3-rums bolig = ca. 60 m<sup>2</sup>
  - 4-rums bolig = ca. 80 m<sup>2</sup>
- 96 boliger i 6 stk. fritliggende punkthuse på hver 4 etager.
- Åbent trapperum.
- Placering på fjeldskrånningen mod Malenebugten neden for de 300 boliger på Suleraq.
- Offentlig licitation.
- Tidsplanen var knap.
- Traditionel byggeteknik, med bærende konstruktioner i beton og lette facader i isoleret bindingsværk.

## Tidsforløb

Forår 2014 Illuut A/S beder Clement & Carlsen arkitekter maa ApS (C&C) om forslag til 96 alsidige boliger jf byggeprogram.  
Der etableres en rådgivergruppe med Inuplan A/S som totalrådgiver, og C&C som underrådgiver.

---

<sup>2</sup> C&C gjorde opmærksom på, at boligerne ikke ville blive så billige som ønsket, selv om de var små, og at de ønskede boligstørrelser i 2014 ville virke som slum. Illuut bemærkede hertil, at man evt. også ville anvende dem som ungdoms/-kollegieboliger.



Juni 2014	<p>Skitseprojekt godkendes som grundlag for et kommuneplantillæg. Kommunen kan dog ikke godkende to af punkthusene p.g.a. adgangsforholdene. Derfor arbejdes der videre med 4 punkthuse. Etagehøjden ændres fra 4 til 3 etager.</p>
Dec. 2014	<p>Projektforslag godkendes af Illuut. Sagen benævnes herefter "de 48 boliger".</p>
Jan. 2015	<p>Hovedprojekt påbegyndes.</p>
Vinter/forår 2015	<p>Rådgivergruppen når at udarbejde ca. 75% af hovedprojektet. Umiddelbart inden det planlagte udbud meddeler Illuut, at man ønsker en anden byggeteknik. Der må ikke anvendes organiske materialer (undtagen i tagkonstruktionen).</p> <p>På den baggrund søger teknikergruppen at revidere projektet. Man finder frem til Rockwools nye Link-system, som er uorganisk, og som angives at være afprøvet i Danmark. Rådgiverne tager dog forbehold, fordi de ikke har erfaringer med systemet, som heller ikke tidligere er anvendt i Grønland. Der indgås en aftale mellem Inuplan og Illuut, hvori projektet betegnes som et forsøgsbyggeri. Der er ikke udviklet en uorganisk liste til fastholdelse af isoleringen, men den er på vej.<sup>3</sup></p>
Forår 2015	<p>Illuut godkender anvendelsen af Rockwools system, med den bemærkning at man ønsker en uorganisk liste. Rockwool mener, at listen vil være færdigudviklet i september 15, og vil kunne leveres på byggepladsen i foråret 16.</p>
Maj 2015	<p>Udbud og licitation, som vindes af Permagreen A/S.</p>
Efter licitationen	<p>Illuut meddeler, at man herefter vil ændre byggesagen fra en hovedentreprise til en totalentreprise.<sup>4</sup> Byggeledelse og fagtilsyn skal ikke varetages af Inuplan og C&amp;C, men overdrages til LH Siunnersorti ApS (LHS). Dette sker uden accept fra Inuplan og C&amp;C.</p>
Sept. 2015	<p>Rockwools stålskinneløsning er ikke færdig, og bygherren beslutter at udføre de to første boligblokke med træplanker.</p> <p>Stålskinneløsningen bliver først færdig til de to sidste blokke.<sup>5</sup></p>
2016-17	<p>Det er ikke oplyst præcis hvornår byggeriet er startet.</p>
2017	<p>Nr. 13-15 blev ibrugtaget i marts, og nr. 17-19 i december.</p>

<sup>3</sup> C&C omtaler listen som afstandslisten til det ventilerede hulrum mellem isolering og facadebeklædning. Det tyder på, at det ikke har været gjort klart for dem, at listen skal fastholde isoleringen og har væsentlig betydning for tætheden, jf Rockwools senere produktanvisninger [ref. b og c].

<sup>4</sup> Betegnelserne er jf notat fra C&C, men svarer ikke helt til projektforslaget. I en totalentreprise vil entreprenøren være ledende i forhold til teknikkerne, men LHS har ikke været underlagt entreprenøren, men har været engageret direkte af bygherren. Det ligger uden for denne evaluering af fastslå entrepriseformen.

<sup>5</sup> C&C bemærker, at stålskinneløsningen viser sig ikke at kunne opfylde kravene til vindbelastning, og der må bruges væsentligt flere fastgørelser til betonen end forudsat.

## Problemformulering

Bygningens ejer Illuut A/S har bedt Byg DTU v/ lektor Tove Lading om at få undersøgt, beskrevet og klarlagt årsagen til de problemer, man oplever i boligbyggeriet Unaaq 13-19.

Det drejer sig om

- dårlig varmekomfort
- dannelse af ispropper i varmesystemet
- vanskeligheder med at opvarme stuen
- fodkulde
- kolde overflader på vægge og gulve

Problemerne optræder ikke jævnt i alle lejligheder. Der er lejligheder, hvor der har været gentagne klager fra beboerne, mens der er andre, hvor der ikke er rapporteret om problemer. For en enkelt lejlighed har problemerne været så udtalte, at Illuut trukket den ud af almindelig udlejning. Illuut har samtidig stillet spørgsmålet, om der er tale om et forsøgsbyggeri.

### **Det har ikke været hensigten med rapporten at placere et ansvar.**

Det skal bemærkes, at evaluatorene allerede inden henvendelsen fra Illuut var opmærksom på problemerne i bebyggelsen. Tove Lading havde i anden sammenhæng mødt beboere, der fortalte om problemerne.

På den baggrund blev byggeriet udvalgt som et af de byggerier, der undersøges i forbindelse med forskningsprojektet ABC – Arktisk Byggeskik, som DTU v/ Tove Lading står i spidsen for, og som Eva B. Møller deltager i. Projektet løber over 3 år, og undersøger en række nybyggerier i Grønland [a].

## Metode

Det skal bemærkes, at der ikke er foretaget destruktive undersøgelser.

### Besigtigelse og målinger

Forberedende besigtigelse blev foretaget d. 22. februar 2019 af Tove Lading med deltagelse af repræsentanter Illuut og Agerskov Consulting (administrator).

*Besigtigelse foretaget d. 27. februar 2019.*

I denne besigtigelse deltog de to evaluatorene.

Den pågældende dag var vejret næsten vindstille, sol (dog ikke formiddag, hvor området ligger i skygge) og ca. -4°C.

Her blev besigtigelse foretaget udefra, samt inde i disse lejligheder:

nr. 13 – 004

nr. 15 - 001

nr. 15 – 204

nr. 19 - 004

Endvidere blev krybekældrene besigtiget.

Ved besigtigelsen blev der foretaget termografering i lejlighederne. Luftstrømme i lejlighederne blev undersøgt med røgpinde.

Det skal bemærkes, at de rapporterede problemer er meget vejrafhængige, og størst ved meget koldt vejr samt i blæsevejr. Da det var stille og relativt lunt ved besigtigelsen, var problemerne ikke så udtalte, men kuldebroerne var dog registrerbare ved termografering. Træk var ikke udpræget registrerbart.

Tove Lading har endvidere besøgt byggepladsen i 2016 sammen med et hold studerende fra DTU. Rundviser ved besigtigelsen var Niels-Erik Skifte fra LH Siunnersorti, der på vegne af Selvstyret (bygherre) førte bygherretilsyn. Fotomateriale fra denne besigtigelse er indgået i evalueringen. Desuden har TL ved besøg i Nuuk i perioden 2016-18 taget fotos på stedet, som også i et vist omfang er anvendt.

Anvendt fotomateriale er gengivet i rapporten.

Illustrationer, hvor der ikke er angivet ophav, tilskrives rapportens forfattere.

## Projektmateriale

I evalueringen er indgået følgende materiale jf specificeret oversigt s. 47.

- Arkitekt- og ingeniørtegninger af 30.03.2015
- Beskrivelse af 30.03.2015
- Mangelliste fra 1-års gennemgang af 16.05.2018
- Notat af 16.03.2018 angående varmeproblemer i lejlighed 13 – 003
- Notat fra Clement & Carlsen vedr. projektførelsen, af 25.06.2019
- Mail fra Carsten Pietras, Leif Hansen bygherrerådgivning ApS/LH Siunnersorti af 08.08.2017

Desuden

- Brochurer og vejledning ved REDAir, hentet fra internettet i foråret 2019

## Interviews og samtaler

I forbindelse med evalueringen er der gennemført interviews og samtaler med

- Illuut A/S v/ CEO Jette Larsen
- Agerskov Consulting (administrator) v/ ejendomschef Peter Jensen og tidl. direktør Dan Sørensen Budek
- Entrepriseleder hos Permagreen gennem det meste af byggeperioden, Henrik Strand
- tnt a/s v/ bygningskonstruktør Maaseeraq Benjaminsen og bygningskonstruktør Nukaaraq Isboethsen
- ROCKWOOL Nordics v/ Product Manager GBI / Facades Ole Fiil Nielsen
- Beboere i Unaaq 13-19

Der er ikke gennemført interviews med rådgiverne (ingeniørfirmaet Inuplan og arkitektfirmaet Clement & Carlsen). I forhold til projektgrundlaget er de repræsenteret med det udarbejdede projektmateriale. Derudover er det oplyst, at de ikke har deltaget og ført tilsyn med byggeriet under opførelsen. Dette blev overladt til LH Siunnersorti v/ bygningskonstruktør Niels-Erik Skifte. Han er ikke interviewet, fordi han er fratrukket og flyttet fra Nuuk.



# 1. Konstruktion – opbygning og principper

På Unaaq 13-19 er ydervæggene opbygget som tunge ydervægge i beton beklædt med REDAir isolering og en facadebeklædning. I karnapperne er der lette partier.

Det var et udtalt ønske fra bygherren, at der blev anvendt uorganiske materialer til byggeriet. Det er årsagen til, at man har anvendt REDAir systemet, selv om det ikke var fuldt færdigudviklet, da byggeriet skulle opføres. Der gik således ca. 7 måneder fra betonen var færdig på de to første blokke, til monteringen af isolering og facadebeklædning kunne påbegyndes, fordi Rockwool ikke var klar til at levere før.

Uanset ønsket om uorganiske materialer er der anvendt træ enkelte steder. Det gælder LVL plankerne på de to første blokke (se senere) samt i tagkonstruktionen og som understøtning for sålbænke under vinduer. Hverken tagkonstruktionen eller sålbænkene indgår i denne evaluering (men der var heller ikke umiddelbart tegn på skader her).

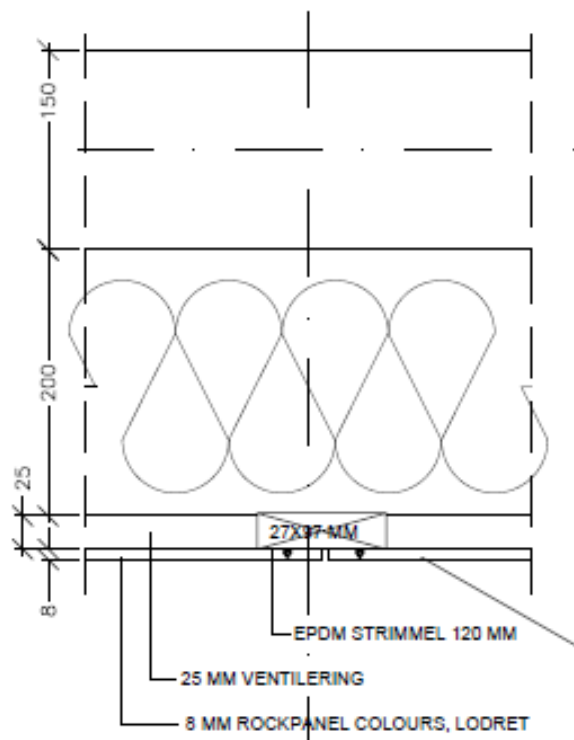


**Fig.1.** Fotos fra opførelsen af Unaaq-byggeriet viser ydervæggenes konstruktion. Tv den rå insitu-støbte beton, th er isolering og vinduer monteret, og den udvendige beklædning er ved at blive sat op.

## 1.1 Tunge ydervægge

De tunge ydervægge (dvs. excl. karnapper) opbygget som følger (start indefra):

- 150 mm insitu-støbt betolvæg, dog 80 mm under vinduer
- 200 mm REDAir Flex isolering, mekanisk fastgjort til beton med specialskruer samt med afstandslister
- 25 mm ventileret hulrum / afstandslister:
  - på Unaaq 13 og 15, de to først opførte blokke: 27 x 97 mm LVL planker (et lamineret formfast og imprægneret træprodukt)
  - på Unaaq 17 og 19, de to sidst opførte blokke: Multisystem (et metalskinnesystem)
- 8 mm Rockpanel, monteret uden mellemrum



**Fig. 2.** Opbygning af ydervæg, vandret snit (udsnit af arkitekttegning A 050.2).

### 1.1.1 Beton

Det var som nævnt et bygherrerønske at anvende en konstruktion med bærende facader i beton, udvendigt isoleret med REDAir.

REDAir systemet er udviklet med udgangspunkt i betonelementer, som er det mest almindelige i Danmark og andre lande, man normalt sammenligner sig med.

Der er dog intet til hinder for, at REDAir kan monteres på andre materialer eller på insitu-støbt beton, blot kravene til overfladen overholdes. I den nugældende montageanvisning for REDAir angives tre toleranceklasser for bagvæggen [ref. c, s. 5], afhængig af hvor jævn og plan overfladen er. Kun for toleranceklasse 1 kan REDAir umiddelbart monteres. Klasse 2 kræver bortugning af ujævnheder samt udspartling, mens man ved toleranceklasse 3 skal henvende sig til Rockwool for yderligere rådgivning. Disse krav var formentlig ikke specificeret, da Unaaq blev bygget.

På Unaaq blev der anvendt insitu-støbt beton. Der var ikke på daværende tidspunkt en produktion af betonelementer i Grønland, og entreprenørerne foretrak insitu-støbning, som man var og er vant til<sup>6</sup>. Ved insitu-støbt beton er der større risiko for ujævnheder end ved betonelementer, der er støbes under kontrollerede forhold på fabrik.

Det skal bemærkes, at beton i Grønland muligvis kan være mere ujævn end fx beton i Danmark. Det skyldes, at man i Danmark bruger runde søsten som tilslag, mens man i Grønland bruger sprængt stenmateriale, der er skarpkantet. De skarpe kanter kan betyde, at betonen ikke flyder lige så jævnt som den gør med runde sten. Det kan også medvirke til at overfladen bliver mere ujævn.

### 1.1.2 REDAir systemet

REDAir er et system til udvendig isolering af facader, udviklet af Rockwool. Unaaq 13-19 er et af de første byggerier, hvor systemet blev anvendt. Dette gælder ikke kun Grønland; det var øjensynlig heller ikke anvendt i Danmark på det pågældende tidspunkt. Ifølge entrepriseledelsen var systemet ikke fuldt færdigudviklet, da byggeriet blev opført, og der forelå ikke monteringsanvisninger etc. i fuldt omfang.

De anvisninger og brochurer, som der henvises til efterfølgende, er dateret 2017, og således efter opførelsen af Unaaq-projektet [ref. b og c].

REDAir består af fire delsystemer:

- REDAir Batts, som er selve isoleringen
- REDAir Link, som er et system af hårdpresset mineraluld, hvori der kan monteres vinduer og døre

samt de to systemer, der dels fastholder isoleringsbatts'ne, dels skaber et ventileret hulrum mellem isolering og beklædning, og endelig benyttes til montering af facadebeklædningen:

- REDAir Flex LVL-planker, der er træbaseret (en form for krydsfiner), og
- REDAir Multi, som er en stålskinnesystem og dermed helt uorganisk.

*REDAir Batts* består af mineraluldsisolering, der er mere fast og formstabil end traditionelle mineraluldsbatts. I forhold til andre og mere traditionelle isoleringssystemer kræver dette system ikke et stolpesystem til fastgørelsen; det monteres direkte på en plan overflade af fx beton. Der er såkaldte flexzoner (se fig. 4) på to sider (horisontalt og vertikalt), hvilket skal sikre en tæt samling mellem batts. Når REDAir batts er stødt tæt sammen på en tæt og plan bagvæg, vil isoleringen ikke blive gennemblæst og vil dermed i princippet være "vindtæt".

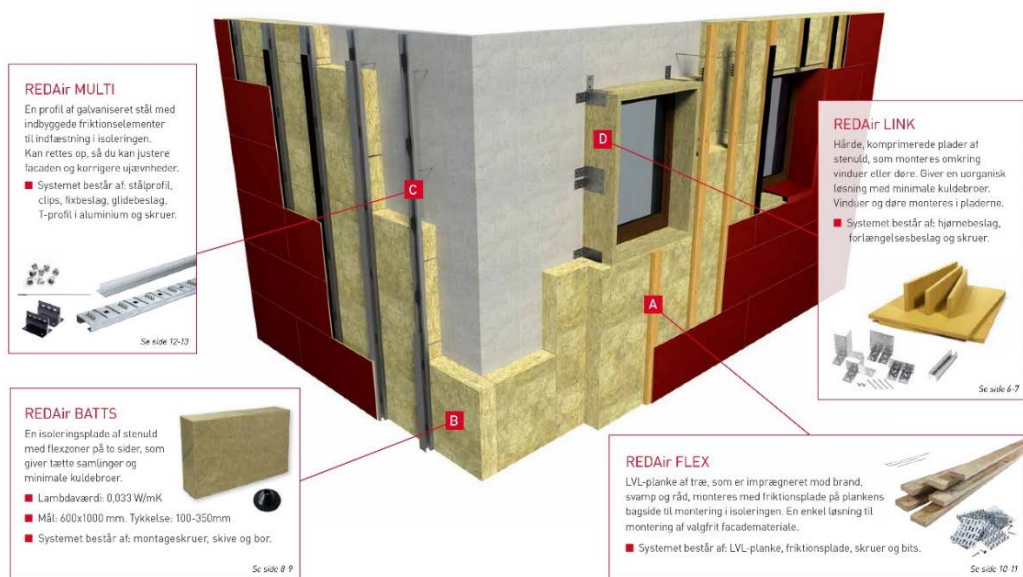
I flg. Rockwool kan isoleringen godt tilpasses (dvs skæres til på byggepladsen), men der skal altid være en flexzone i en samling, dvs. to flexzoner på et tilpasningsstykke.

REDAir batts fastgøres først midlertidigt til bagvæggen med såkaldte Flex Discs ('skiver') og specialsruer. Den egentlige fastholdelse sker med lister eller skinner over de lodrette samlinger. De virker samtidig som afstandslister til et ventileret hulrum mellem isolering og facadebeklædning, og som underlag for facadebeklædningen.

---

<sup>6</sup> Beslutningen om at anvende insitu-støbning blev taget på et meget tidligt tidspunkt, og byggeriet er projekteret som insitu-støbt.

Rockwool anbefaler, at man efterfølgende fjerner skruer og Flex Discs, da disse udgør en kuldebro. Skruerne kan så genbruges til montering af enten LVL planker eller Multi-skiner.



**Fig. 3** viser opbygning af det samlede REDAir system. (ill. Rockwool, ref. b).



**Fig. 4.** De skyggede kanter viser de fleksible zoner (der kan give sig) på et REDAir batt. Ved tilskæring skal der altid være en flexzone i en samling.

## REDAir Link



**Fig. 5** viser princippet i REDAir Link – systemet til montering af vinduer og døre. Udskæringen i batts'ne er alene for at synliggøre monteringen, der sker inden selve batts'ne sættes op (ill. Rockwool, ref. b).



*REDAir Flex* og *REDAir Multi* er begge systemer, der dels fastholder isoleringsbatts'ne, dels bruges til at montere facadebeklædningen på.

*REDAir Flex* er såkaldte LVL Planker, der er en form for krydsfiner, imprægneret med fungicid. Ifølge Rockwools brochurermateriale er denne planke særligt udviklet til at kunne klare kraftigt vind. Facadebeklædningen fastgøres med skruer.

*REDAir Multi* er et system i galvaniserede stålprofiler, og således helt uorganisk. Systemet har en justeringsmulighed, så facadebeklædningen kan monteres i plan, selv om bagvæggen er lidt ude af lod og vage (op til 20 mm). Facadebeklædningen fastgøres med specialskruer.

Da de to første blokke, nr. 13-15, blev opført, var Multi-systemet ikke færdigudviklet. Derfor er der på disse to blokke brugt LVL-planker, mens der på de to sidste, nr. 17-19, er brugt Multi-skiner. Specialskruerne var imidlertid ikke udviklet, da systemet skulle anvendes. Derfor er facadebeklædningen her fastgjort med popnitter.

## 1.2 Karnapper og lette facadepartier

Mens ydervæggene generelt er opført med insitu-støbt beton, er det store vinduesparti i karnapperne (stuer) udført som et delvist fabriksfremstillet let facadeparti (en almindelig brugt løsning i nybyggeri i Grønland).

Brystninger (fyldninger) i det lette parti er opbygget som følger (start indefra):

- 12 mm MDF-plade
- dampspærre
- 90 mm isolering
- 9 mm vindspærreplade
- ventileret hulrum
- udv. beklædning i metalplade

Over brystningerne er monteret vinduer i træ/alu med 3-lags energiruder.

Det skal bemærkes, at radiatorerne er opsat på det lette parti. Det er normalt, at man placerer radiatorer under vinduer for at opveje det kuldenedfald, der normalt kommer fra vinduer, fordi deres isoleringsevne er ringere end ydervæggens. Kuldenedfald vil ofte opleves som "træk".



**Fig. 6.** I hjørnerne af blokkene er der etableret karnapper ved siden af altanerne. I karnapperne er der placeret et let element, bestående af to vinduer og en brystning i en let konstruktion. Elementet er delvist færdigleveret fra fabrik

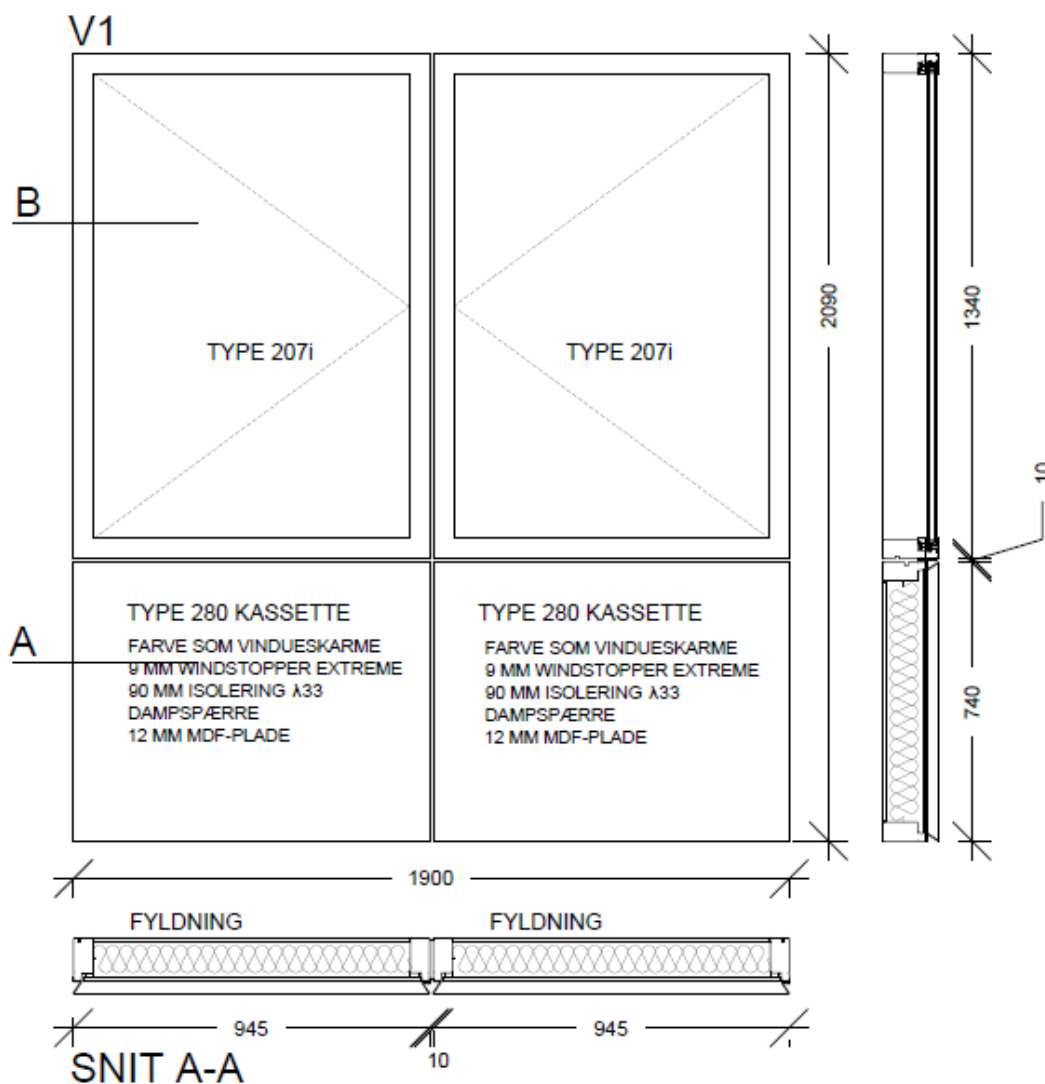


Fig. 7. Let vinduesparti anvendt i stuer. [Udsnit af arkitekttegning A 040]

### 1.3 Generelle principper - klimaskærm og indeklima

Klimaskærmens funktion er – som betegnelsen antyder – at beskytte indeklimaet mod påvirkninger udefra.

Udover at beskytte mod nedbør og holde på varmen er to egenskaber særligt vigtige for en klimaskærm, der fungerer efter hensigten: den skal være vindtæt udefra, og lufttæt indefra.

Klimaskærmen skal naturligvis være isoleret og uden kuldebroer (dvs. steder, hvor isoleringen er dårlig). Derudover er det vigtigt, at der er god ventilation og luftcirkulation i lejligheden.

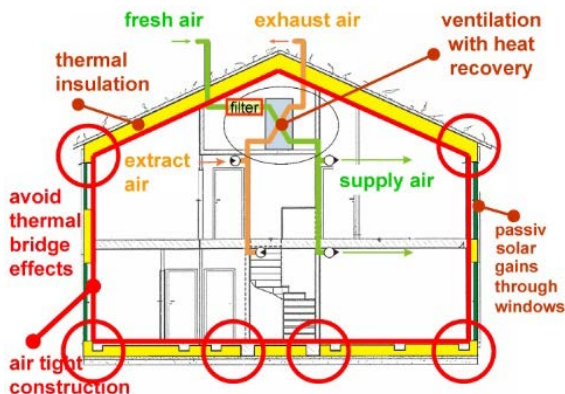
### 1.3.1 Vindtæthed

Bygninger skal som udgangspunkt være vindtætte udvendig på isoleringen. Det skal forhindre at isoleringen gennemblæses og derved mister sin isolerende evne, som opnås ved, at luften i mineralulden står stille. Hvis konstruktionen bag isoleringsmaterialet er lufttæt og isoleringen er stødt tæt sammen (som det er princippet for REDAir), vil vinden teoretisk set ikke kunne blæse gennem isoleringen. En gennemblæsning forudsætter, at luften kan trænge ud på den anden side.

I Nuuk<sup>7</sup> er det karakteristiske hastighedstryk (den vindbelastning, som der dimensioneres efter) 1,6 kN/m<sup>2</sup>, hvor det i Danmark er 0,6. Normalt opfyldes kravet i nybyggeri i Grønland med en meget robust vindspærreplade, hvis samlinger tætnes omhyggeligt. Det er usædvanligt, at der ikke anvendes vindspærreplader, sådan som det er tilfældet på Unaaq 13-19. En vindspærreplade burde dog ikke være nødvendig på en REDAir konstruktion, jf Rockwools specifikationer [ref. b og c].

### 1.3.2 Lufttæthed

Princippet er, at moderne bygninger udføres lufttætte, sådan at man kan kontrollere luftskiftet gennem ventilationssystemet og dermed styre varmetabet. Små utætheder i en ellers tæt bygning kan give kuldebroer og dårlig komfort.



**Fig. 8.** Princippet for en energieffektiv bygning med godt indeklima.

Den røde linje markerer det lufttætte lag, som skal være ubrudt på hele den indvendige side af klimaskærmen. I konstruktionen etableres den med en dampspærre eller tilsvarende. Omkring vinduer og døre skal fuger og tætningslister sikre, at tætheden er ubrudt. [Passivhaus Institut, Darmstadt]

En insitu-støbt betonkonstruktion som dén, der er anvendt i Unaaq 13-19, vil normalt være luft- og damptæt. Derfor er det ikke nødvendigt at opsætte dampspærre indvendigt, og man vil normalt heller ikke montere en forsatsvæg.

Den samlede bygnings tæthed kommer således til at afhænge af tætningen af de komplette-rende bygningsdele (døre, vinduer, karnap) samt af samlingerne mellem disse og betonen. Det stiller især store krav til fugerne.

Der er desuden en potentiel utæthed ved føringsveje for kabler og rør, der er gennemgående over flere etager og lejligheder.

<sup>7</sup> Ikke alle lokaliteter i Grønland er lige udsatte for vind. Nuuk er ret udsat, med hyppige og kraftige stormvejr.

### 1.3.3 Kuldebroer

Kuldebroer er punkter eller flader, hvor isoleringen gennembrydes af varmeledende materialer (fx metalskruer), eller hvor isoleringen er tyndere end på de omkringliggende flader. Det pågældende punkt eller flade vil således have en lavere overfladetemperatur end de omgivende flader.

En konstruktion med kuldebroer har naturligvis et større varmetab end en konstruktion uden. Større kuldebroer kan påvirke komforten, fordi områder af et ellers opvarmet rum vil føles kolde. Det kan være fodkulde ved gulve, eller kuldenedfald fra kolde vægge.

Kuldebroer indebærer øget risiko for skimmel.

Fugt fra luften kan kondensere på de koldere overflader, og dermed give grobund for skimmel. Skimmel kræver fugt og organisk materiale for at kunne udvikle sig. Skimmel kan også dannes på overflader af uorganisk materiale, hvor den kan næres af det organiske støv, der findes i luften.

### 1.3.4 Ventilation og luftcirkulation

Ventilation er vigtig for et godt indeklima. For at sikre en god komfort og reducere varmetabet bliver moderne bygninger forsynet med mekanisk ventilation med varmegenvinding. Dette er også tilfældet for Unaaq 13-19.

Ventilationsanlægget har indblæsning af frisk, forvarmet luft, og udsugning af dårlig luft. Ideelt set passerer al luft gennem systemet, og der er balance mellem udsugning og indblæsning.

Hvis udsugningen er kraftigere end indblæsningen, vil der blive suget luft ind fra utætheder i konstruktionen. Hvis luften er kold, opleves det som træk. Det kan også betyde at døre og vinduer bliver vanskeligere at åbne, og at der kommer et sug, når man gør det. Er indblæsningen størst, så der dannes et overtryk, kan varm, fugtig luft blive presset ud i mindre utætheder og forårsage kondens og evt. skimmel i disse områder.

Hvis der er utætheder mellem lejlighederne (fx ved rørgennemføringer), kan der blive suget dårlig luft og lugt fra en lejlighed til en anden. Det kan medføre, at der fx kommer til at lugte af røg i en ikke-ryger lejlighed.

Ud over god ventilation er det også vigtigt, at luften kan cirkulere frit.

Møblering op ad kolde ydervægge betyder, at luften har vanskeligt ved at cirkulere bag møblet.

Hvis der samtidig er en kuldebro og fugt i luften, kan det øge risikoen for skimmel.

Møblering op ad radiatorer vil medvirke til, at den varme (og tørre) luft ikke fordeler sig i lejligheden, hvilket giver dårlig varmekomfort.

Møblering umiddelbart under vinduer vil næsten altid indebære trækgener. Det er kuldenedfald fra ruderne, der opleves som træk.

## 2. Registreringer og diskussion

### 2.1 Tunge ydervægge

#### 2.1.1 Beton

De bærende facader og etagedækkene er udført i insitu-støbt beton. Det er kendt, at insitu-støbning normalt vil give mere ujævne overflader end præfabrikerede elementer, der er støbt under kontrollerede forhold på fabrik.

REDAir-løsningen kræver en bagvæg, der er ret plan, dvs at fremspring og lunger < 5 mm [ref. c]. En traditionel facadeløsning er noget mere robust i forhold til ujævnheder.

Fotos af betonen, taget under opførelsen, tyder på, at overfladen er en del mere ujævn end foreskrevet. En ujævn bagvæg kan efterbehandles ved afhugning af fremspring og evt. udspartling af lunger, men det er ikke sket her. Formentlig har de udvendige overflader på betonen på Unaaq-byggeriet svaret til klasse 2 eller 3 jf Rockwools anvisninger [ref. c].

I beskrivelsesmaterialet [ref. f, SA, afsn. 7.3 (Beton- og Jernbetonarbejde / Arbejdets udførelse)] stilles der krav vedrørende tolerancer på betonvæggene [ref. f, pkt. 7.3.17]. Her fremgår det, at vægflader maksimalt må afvige 5 mm fra lodlinien, og at hulheder og fremspring højst må afvige 2 mm fra en 2 meter lang retskede.

Ved gennemgangen af SA'en har evaluatorene opfattet dette krav som alene gældende de indvendige vægoverflader. Rådgiverne oplyser efterfølgende, at kravet er generelt og også gælder de udvendige.

I SA'en omtales der specifikt, hvad man gør ved indvendige vægoverflader, der ikke opfylder tolerancekravene (puds eller spartling, eller afslibning med karborundumsten). Det er også specificeret, at der skal etableres et referencefelt, som godkendes af rådgiveren. Tilsvarende præcise krav er ikke stillet for de udvendige overflader.

Det skal bemærkes, at en afvigelse på +/- 2 mm forekommer at være endog meget lidt for en udvendig overflade<sup>8</sup>, og meget vanskeligt at opfylde med insitu-støbt beton. Det virker heller ikke begrundet, at man skulle stille et krav til den udvendige overflade, der er væsentligt skrapere end Rockwools på 5 mm. Dette har formentlig, sammen med de valgte formuleringer i SA'en, medvirket til at også andre end evaluatorene har kunnet opfatte tolerancekravene som kun gældende for de indvendige overflader (som skal opfylde krav af hensyn til malerbehandling).<sup>9</sup>

---

<sup>8</sup> Insitu-støbt beton vil generelt have langt større ujævnheder, der ofte kan måles i centimeter. Det gælder ikke kun Unaaq, men kan ses på de fleste igangværende byggerier i Nuuk.

<sup>9</sup> I de afsnit, der står umiddelbart inden afsnittet om tolerancer, omtales "indvendige synlige betonflader", "indvendige betonvægge og lofter", "og "udvendige synlige betonflader" (hvilket formentlig vil være fundamentet/krybekælderens). Når man herfra går videre til punktet om tolerancer, og der her omtales "vægflader", har evaluatorene opfattet dette som indvendige vægge. [SA, pkt. 7.3.13-7.3.16]

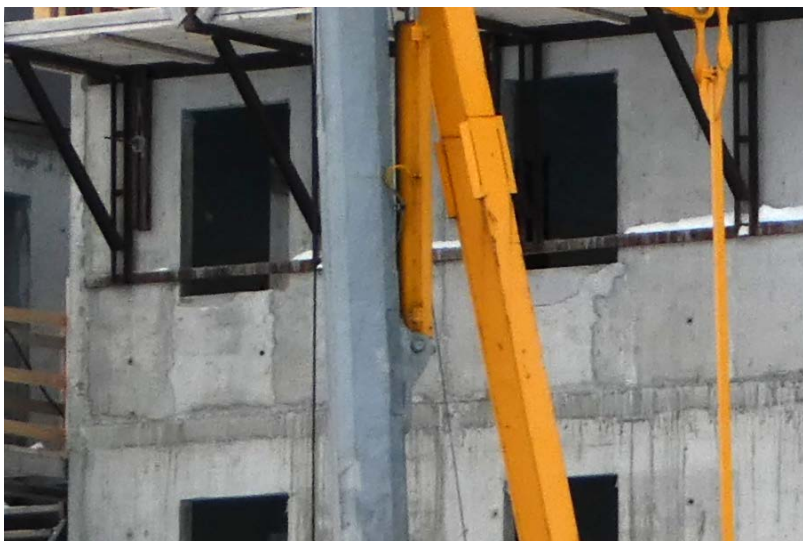
Der er i øvrigt overskrifter for ovennævnte betegnelser, men ikke specifikt for de betonoverflader, som REDAir skulle monteres på. Her ville evaluatorene have forventet en specifikation for "udvendige betonflader", ikke mindst i betragtning af disses betydning er for den samlede konstruktions tæthed.

Det er tydeligt, at ingen i udførelsesfasen – hverken entreprenøren eller bygherretilsynet - har lagt vægt på at opfylde tolerancekravene, og formentlig ikke har været tilstrækkeligt klar over betydningen af det.

Det skal bemærkes, at Rockwools konsulenter besøgte byggepladsen under opførelsen for at rådgive om udførelsen.

Hvis REDAir isoleringen monteres på en ujævn overflade, vil der partielt være hulrum bag isoleringen. Risikoen er, at kold luft kan passere bag isoleringen, hvis tætheden udadtil samtidig er utilstrækkelig.

Betonen under vinduerne (ikke karnapperne) er udført i 8 cm's tykkelse i stedet for 15, for at give plads for radiatoren. 8 cm er lige tyndt nok, når der skal monteres skruer i det. Det giver risiko for afspring af skaller på udvendig side, når der bores og skrues i betonen.



**Fig. 9.** Fotos fra opførelsen. Især omkring etagedækkene ser betonoverfladen ud til at være mere ru end Rockwools (nuværende) forskrifter. På billedet øverst kan man på hjørnet af etageadskillelse (rød pil) se, at ujævnheden må ligge over de maximale 5 mm. På foto nederst ses tilsvarende ujævnheder omkring etagedækket, men også brystningerne ser ud til at være ujævne.

## 2.1.2 REDAir systemet

Fotos fra opførelsen viser flere forhold, der i kombination med den ujævne beton og vindforholdene på stedet kan betyde, at isoleringen ikke fungerer efter hensigten. Observationerne er sammenholdt med Rockwools monteringsanvisning, der dog efter det oplyste ikke forelå i forbindelse med byggeriet.



**Fig. 10.** Billeder fra opførelsen af nr. 13-15. Øverst oversigtsbillede der viser, hvordan REDAir batts er sat op med discs/skruer og LVL lister over samlingerne. Der er lodrette samlinger, der ikke er dækket (gule pile). Rød pil markerer et sted, hvor et af isoleringsbatts'ne er beskadiget og ikke slutter tæt i den vandrette samling. Nederst et nærbillede, der viser hvordan isoleringen er sat op i mindre stykker, hvoraf ikke alle er mekanisk fastgjort. Pilen th viser, hvordan der kan være lufttrum bag isoleringen, fordi betonen ikke er tilstrækkeligt plan. De to billeder er ikke taget samtidigt.



- Isoleringen er visse steder sammensat af mindre stykker. Der er formentlig ikke en flexzone i alle samlinger. Dette var ikke et opmærksomhedspunkt under monteringen, og dette var ikke gjort klart over for entreprisedledelsen.
- Tilpasningsstykker er vanskelige at tilskære fuldstændig præcist med håndværktøj. Hvis en samling skal blive tæt, skal tilpasningsstykket samles op mod et stykke med en side, der kan give sig i forhold til ujævnhederne, dvs. en flexzone. Hvis to tilpasningsstykker uden flexzone samles, er der stor sandsynlighed for at samlingen bliver utæt.
- Samtidig er nogle af isoleringsstykkerne beskadiget i kanten, hvilket yderligere medvirker til utæthed.
- Discs og skruer fungerer som den egentlige fastgørelse, selv om Rockwool i den nuværende monteringsvejledning angiver, at dette kun skal være midlertidigt. Den egentlige fastgørelse skal ske med LVL planker eller Multi skinner.
- Rockwool anbefaler, at discs/skruer fjernes, når planker/skinner er monteret, fordi de udgør en kuldebro. At der skulle være tale om kuldebroer har ikke kunne ses på termografierne.
- Rockwool gør i brochurematerialet [ref. b og c] opmærksom på, at LVL plankerne er mere bestandige over for vind. Dette har formentlig ikke indgået i forbindelse med projektering og udførelse. Derfor kan nr. 17-19 – hvor der er brugt Multi skinner – eventuelt være mindre vindtæt end nr. 13-15, hvor der er brugt LVL planker.
- Rockwool foreskriver, at planker/skinner skal monteres over de lodrette samlinger. Jf fig.10 er dette ikke tilfældet alle steder. Det skyldes formentlig, at planker/skinner er placeret i forhold til montering af facadebeklædningen, og ikke har været opfattet som den primære fastgørelse af isoleringen (planker/skinner har begge funktioner).

Disse forhold i kombination med en ujævn overflade på betonbagmuren kan have betydet, at kraftig vind kan gennemblæse isoleringen i samlingerne, og løbe i hulrum mellem batts og beton, inden den blæser ud igen af andre utætte samlinger. Resultatet vil være, at der i disse områder vil ske en nedkøling af betonen, der reelt vil blive som en kuldebro. Fænomenet vil kun optræde nogle steder på facaden (hvor de nævnte forhold optræder), men med størst risiko ved hjørner, hvor der altid vil være samlinger, og som let beskadiges under udførelsen.

Unaaq 13-19 vil være særligt udsat for dette problem, fordi det ligger frit og udsat for den fremherskende vindretning. Samtidig er stærk vind og stormvejr hyppigt i Nuuk.

Facadebeklædningen (Rockpanel) er opsat med knasfuger og ikke som oprindeligt tænkt med en lille afstand mellem panelerne. Det reducerer problemet, men det eliminerer det ikke. At der er knasfuger kan dog reducere luftgennemstrømningen i det ventilerede hulrum mellem isolering og beklædning. Hidtil er der ikke set tegn på, at dette er et problem.<sup>10</sup>

Da boligerne blev besigtiget var der næsten ingen vind. Hypotesen om, at der i kraftig vejr sker gennemblæsning, kunne derfor ikke eftervises.

---

<sup>10</sup> Det skal dog bemærkes, at Rockwool nu anbefaler, at den fri åbning til det ventilerede hulrum i top og bund reduceres til ca. 1/3, ved montering af en liste [ref. Ole Fiil Nielsen]. Det er ikke sket her (og formentlig heller ikke anbefalet i løbet af byggeriet).





**Fig. 11.** Ødelagt plade på nr. 17. Det er formentlig sket ved påkørsel. Det er vanskeligt at demontere og udskifte plader, fordi de er fastgjort med popnitter og ikke skruer.

Som nævnt er der anvendt Multi skinner i metal på de to sidst opførte blokke, nr. 17-19. Multi systemet var knap færdigudviklet, da det blev anvendt, og der var ikke udviklet skruer til fastgørelse af facadebeklædningen. Derfor blev denne fastgjort med popnitter. Det betyder, at man ikke uden videre kan demontere facadeplader, hvis man fx skal udskifte en beskadiget plade [fig.11]. Nitterne skal bores ud, og ved genmontering skal der enten isættes større nitter, eller der skal sættes et bagstykke (træ) bag hullet til en skrue.

Det skal bemærkes, at der angiveligt ikke på opførelsestidspunktet var en monteringsanvisning, der i fuldt omfang har defineret den korrekte montering af REDAir systemet, fordi produktet blev anvendt næsten før det var klar til markedsføring. Entrepriseledelsen har oplyst, at man adskillige gange undervejs i forløbet sendte spørgsmål til Rockwool vedrørende monteringen, men uden at få fyldestgørende svar.

Det skal ligeledes bemærkes, at de projekterende rådgivere angiveligt ikke blev bedt om at føre tilsyn på byggeriet under opførelsen. Tilsyn blev varetaget af bygherrens rådgiver LHS.

## 2.2 Karnapper og lette facadepartier

Den anvendte løsning – et let parti med vinduer og brystning – er meget almindelig i nybyggeri i Grønland. En række af de forhold, der peges på her, vil man formentlig med lige stor ret kunne pege på i andre nybyggerier.

Elementerne blev leveret delvist præfabrikerede, men uden isolering, dampspærre og indvendig beklædning [fig.12]. Disse dele skulle monteres på pladsen.

De kritiske punkter ved denne konstruktion er, jf. afsnit 1.3:

- Tætning (fuger)
  - mellem det lette parti og betonen
  - mellem brystningens fyldning<sup>11</sup>, beklædning og karmen

---

<sup>11</sup> Inuplan og C&C oplyser, at man ofte ser at den indvendige beklædningsplade krymper pga. udtørring. Dette kan forårsage utæthed.

- Montering af dampspærre og sikring af en ubrudt tætning til den resterende klimaskærm
- Kuldebro / varmetab
  - fyldningens isoleringsevne er ca. det halve af selve ydervæggens
  - fordi radiatoren er placeret netop her, mærkes denne kuldebro ikke i fuldt omfang
  - det har dog en væsentlig betydning for boligernes varmeforbrug
  - monteringen med stålprofiler kan være en kuldebro

Det har ikke været muligt at se en tegning af, hvorledes dampspærren skal fastgøres, ligesom det ikke af arbejdsbeskrivelsen for tømrer/snedkerarbejde fremgår, hvordan det skal ske. Beskrivelsen af partiet er alene den, der fremgår af fig. 12.

**VINDUESPARTI V1:**

VINDUESPARTI OPBYGGES SOM VIST PÅ TEGNINGEN I VELFAC TYPE 200i  
 LEVERES FRA FABRIK SOM ET PARTI KARMMÅL: **1900X2090 MM**, HULMÅL 1930X2120 MM  
 KARMDYBDE 149 MM, STANDARDKARME 115 MM.

**NB! SIDEKARME LEVERES GENNEMGÅENDE**  
 KARME LEVERES MED INDVENDIGE NOTGANG TYPE 3 FOR INDVENDIGE TILSÆTNINGER  
 LEVERES MED 2 LAGS ISOLERINGSRUDER SOM  
 VELFAC CLEAR/ENERGI NORTH 1.02, WARM EDGE  
 LUKKEDE FELTER MED VENTILEREDE ISOLEREDE λ33 FYLDNINGER, SE TEGN.  
 BESLÅNING OG GREB SOM FABRIKKENS STANDARD  
 H-BESLAG LEVERES I FARVE SOM RAMME.  
 LEVERES MED DOBBELT TÆTNING.  
 LEVERES MED STORMKROG  
 LEVERES FÆRDIGMALEDE FRA FABRIK: INDVENDIGT RAL 9010 HVID OG UDVENDIGT:  
 BYGNING 1 & 4: RAL 095 50 50 OLIVA (SPECIAL FARVE)  
 BYGNING 2: RAL 3000 FEURROT  
 BYGNING 3: RAL 2008 HELLROTORANGE

*Fig. 12. Beskrivelse af det lette parti som det fremgår af arkitekttegning A 040. Der er ingen beskrivelse af hvordan dampspærre gøres fast; der henvises til en tegning, der ikke er nummereret.*

De lodrette og vandrette fuger omkring det samlede lette parti er udført som fugerne omkring vinduer.

Fastgørelsen i bunden af det lette parti sker imidlertid ikke direkte til betonen, men via påsvejst beslag til et 150 x150 mm stålinkelprofil, se fig. 13 og fig. 14 (den blå markering for beslaget, og den grå markering for vinkelprofilet).

Det påsvejste beslag er ført 150 mm ud i isoleringen og er 100 mm bredt, 3 stk. under det store vinduesparti og 2 stk. under altandøren. Beslaget er placeret i fugen mellem REDAir Link og REDAir batts. Det er en potentiel kuldebro, p.g.a. risikoen for at kulde ledes fra beslaget til vinkeljernet. Dels er der åbenlyst mindre isolering for ende af beslaget, men fugen er som tidligere nævnt også et kritisk punkt.

Det er oplyst fra entreprisedelsen, at netop fugningen omkring Link-materialet har været et tvivlsspørgsmål, hvor entreprisedelsen har spurgt Rockwool om vejledning, men uden at få svar. Man har så udført en elastisk fuge.

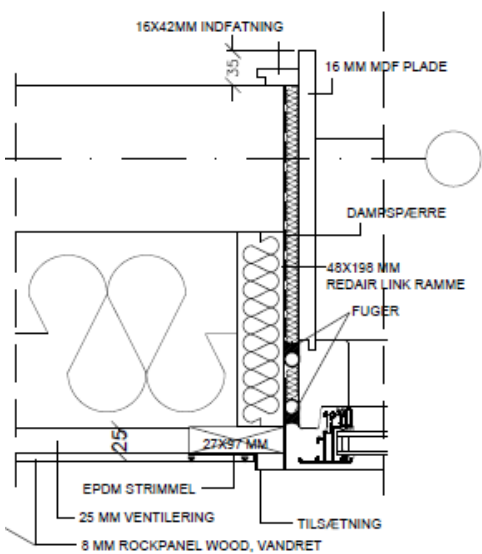
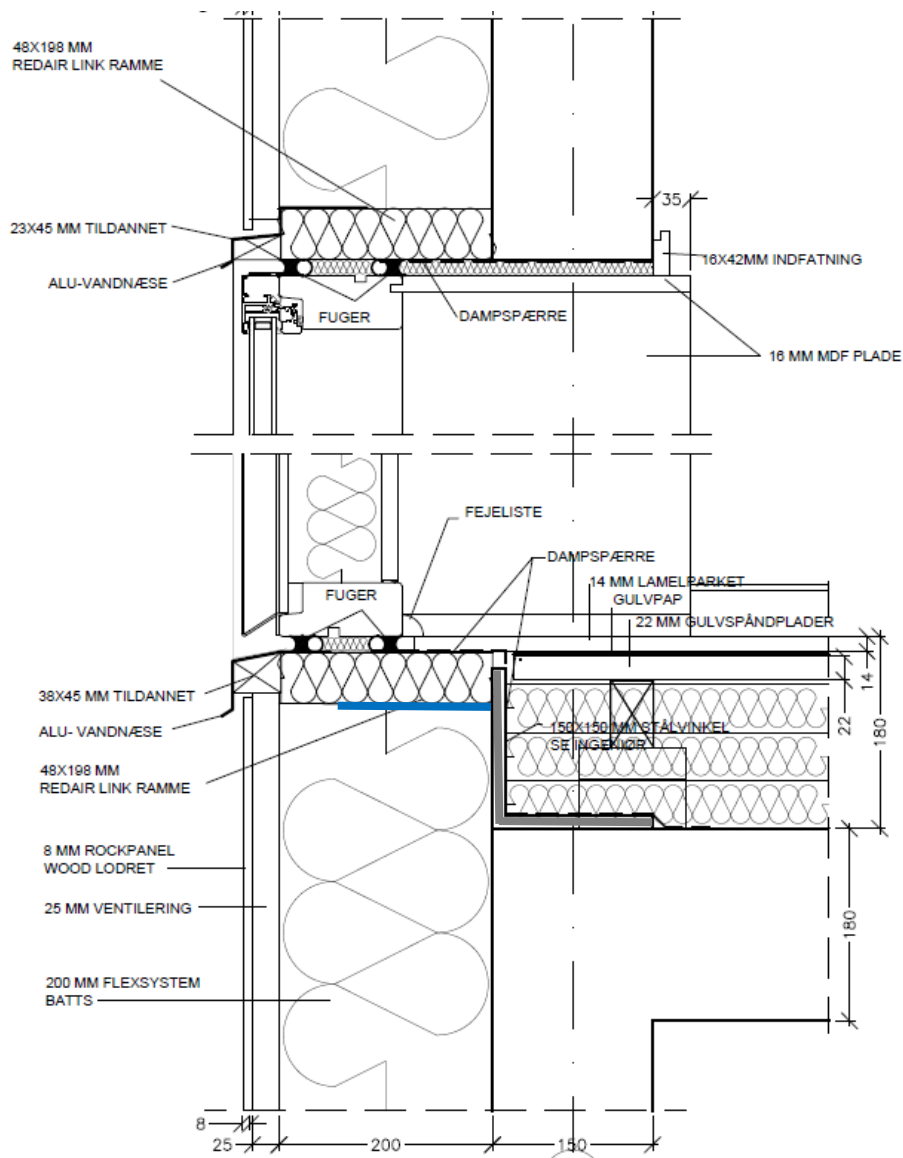


**Fig. 13.** Foto af let facadeparti taget under opførelsen. Isolering af facadepartier samt etablering af dampspærre og indvendig beklædning (MDF plade) sker på pladsen. Bemærk at partiet er fastgjort til stålbeslag (ikke synligt) svejst til 150 x150 mm vinkelprofil i stål, der er fastgjort til betondækket.

Formentlig har det været hensigten, at der i denne samling skulle være en flexzone på det tilstødende isoleringsbatt (jfr. afsnit 2.1.2). Det er ikke givet, at det er tilfældet alle steder (hvilket bl.a. kan tilskrives den manglende oplysning om og opmærksomhed på flexzoner og samlinger). Derfor kan denne samling visse steder være utæt, hvilket kan lede kold luft direkte ind på vinkeljernet.

Ifølge tegningsmaterialet er der udført en randisolering på dækket under det lette parti med det formål at reducere varmetabet. Bredden på denne randisolering er ikke angivet. Imidlertid kan der være områder på vinkeljernet, der bliver kolde og dermed danner en kuldebrot. Høj relativ luftfugtighed og kondens kan opstå lokalt i disse områder. Fænomenet er ikke set ved besigtigelsen, da området ikke var tilgængeligt.

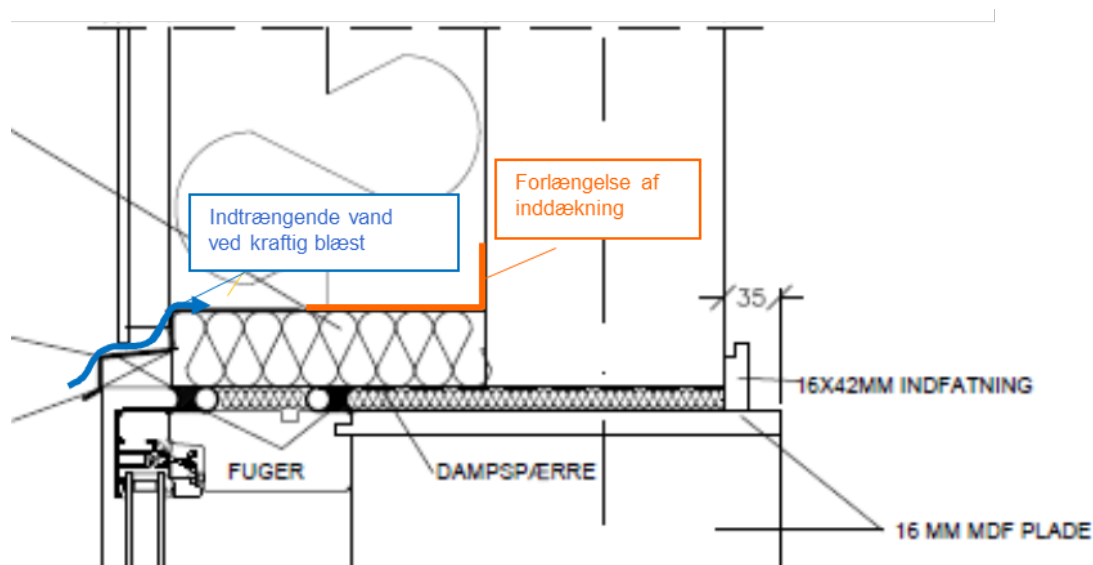
Fugningen under vinduer og omkring vinduer er en standardudførelse i Grønland. Såfremt fugerne er intakte, vil dette normalt ikke give problemer. Der kunne ved besigtigelsen ikke umiddelbart konstateres problemer ved disse områder, men fuger har begrænset levetid (5-10 år) og der må påregnes vedligehold af disse fuger.



**Fig. 14.** Øverst lodret snit ved let facadeparti, nederst vandret snit, begge hentet fra arkitekttegning A 050.2. Lodret snit: Tætning ved vinduer svarer til fugen vist øverst. Med blå er indtegnet det vandrette beslag (ikke på den originale tegning), der er svejst til vinkeljernet (gråt) og fastholder facadepartiet. Vandret snit viser de lodrette samlinger ved vinduerne.

Fugen over vinduet er forsynet med en inddækning, der skal sikre, at der ikke trænger vand ind over Linkrammen. Inddækningen er afsluttet ca. midt på Linkrammen.

Dette kan imidlertid give problemer, da kraftig vind kan medføre, at der presses vind op, så vand trænger forbi inddækningen og ind på MDF pladen (se fig. 15). Ved besigtigelsen blev der ikke konstateret problemer hermed, men entreprisedelen fortalte, at det inden afleveringen flere gange havde været nødvendigt at foretage udbedringer i dette område.



**Fig. 15.** Lodret snit over vinduesparti, udsnit af arkitekttegning A 051.2.

Ved kraftig vind kan vand trænge ind i konstruktionen (blå pil). Hvis vandmængden er stor nok (kraftig regn), vil de kunne trænge forbi inddækningen og sluttelig komme ned på MDF pladen.

Havde inddækningsprofilet været forlænget, som vist med orange, ville vand ikke trænge ned, men blive sendt tilbage ad den vej, det kom.

## 2.3 Generelt – klimaskærm og indeklima

### 2.3.1 Vindtæthed

Som tidligere nævnt burde REDAir systemet i princippet yde tilstrækkelig vindtætning, forudsat at det er monteret korrekt. Det har ikke været muligt i materialet at finde specifikationer for vindtætheden, og om denne kan leve op til kravene for Nuuk.

I producentens materiale oplyses det, at LVL planker yder bedre beskyttelse mod vind end skinnesystemet.

### 2.3.2 Lufttæthed

Der er på et tidligere tidspunkt foretaget blowerdoor tests<sup>12</sup> af nogle af lejlighederne (foretaget af bygherretilsynet). De udviser samlede utætheder på 0,40 og 0,54 l/s pr. m<sup>2</sup> opvarmet etageareal ved en trykforskel på 50 Pa, hvilket er meget lavt. Til sammenligning er kravet jf. det danske bygningsreglement fra 2018, at tætheden skal være under 1 l/s pr. m<sup>2</sup>.

Fine resultater fra en blowerdoor test udelukker dog ikke individuelle forskelle, og der kan være utætheder i andre lejligheder end dem, der er målt på. Der blev i flere af de besigtigede lejligheder fundet utætheder eller tegn på tidligere, men nu udbedrede, utætheder.

Det er efterfølgende (i august 2019) blevet oplyst, at ventilationsanlægget i nr. 13, 15 og 19 indtil ultimo april 2019 har stået på indstillingen "brand". Det betyder, at udsugningen har været aktiveret som røgventilation, og dermed betydeligt kraftigere end normalt. Kraftig udsugning er i sig selv ikke årsag til utætheder, men kan få mindre utætheder til at føles mere generende.

#### Tæthed i og omkring lette partier

I en af de besigtigede boliger blev der fundet rester efter tape over samlingerne i brystningspartiet. Administrationen kunne bekræfte, at beboerne selv havde tapet samlingerne ved det lette parti for at modvirke træk. Senere er der foretaget efterfugning på indersiden (fig 16), og den virker nu til at være tæt.

Løsningen med de lette vinduespartier og brystningspanelerne er almindeligt anvendt i Grønland. Det virker som en løsning, hvor det generelt vil være svært at opnå et tæthedsplan, der er sammenhængende med ydervæggene - ikke mindst fordi etablering af dampspærre og montering af isolering og indvendig beklædning<sup>13</sup> foretages på byggepladsen (se fig. 13). Samtidig er isoleringsevnen væsentligt dårligere i det lette brystningsparti end i ydervæggen generelt (jf. afsnit 2.3.3).



**Fig. 16.** Nærbillede af det lette brystningsparti bag radiatoren. Der er efterfugnet i samlingerne med klar fugemasse. Afprøvninger med røgpinde sandsynliggjorde at samlingen nu er lufttæt.

<sup>12</sup> Blowerdoor er en trykmålingstest, der viser hvor lufttæt en bygning eller lejlighed er.

<sup>13</sup> Inuplan og C&C oplyser, at man ofte ser at den indvendige beklædningsplade krymper pga. udtørring, hvilket kan forårsage utæthed.

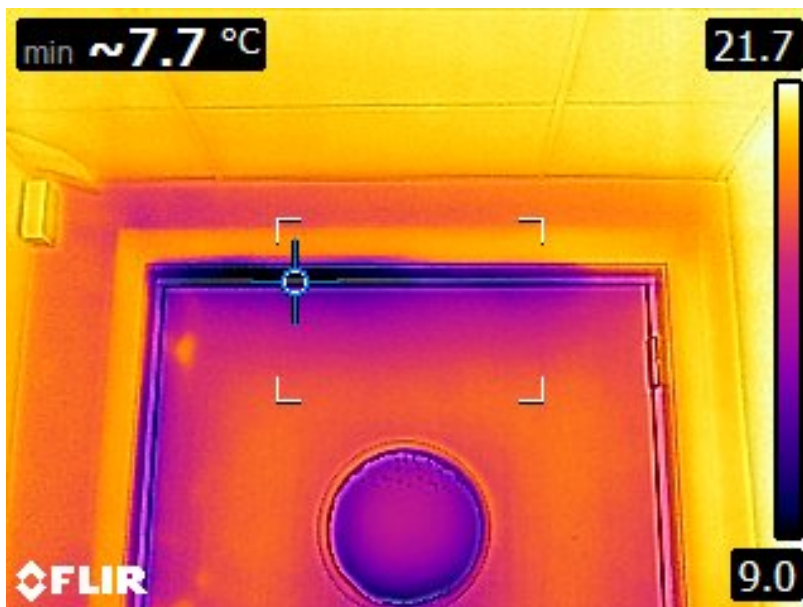


**Fig. 17.** Termografibillede af samling mellem vindue og brystningsparti. Der er tydelig kold stribe (mørk) under den højre side af vinduet, hvilket kunne tyde på en utæt fugt. Der er ikke en tilsvarende stribe under venstre vindue. At overfladetemperaturen i området er relativ høj, skyldes opvarmning fra radiatoren.

### Yderdøre

Tilsyneladende var der kun relativt få problemer med kulde ved ydervæggen mod det åbne trapperum.

Dog klager flere beboere over træk fra indgangsdøren. Undersøgelser med røgpinde og termografiudstyr bekræftede, at der var problemer med træk ved yderdøren, se fig. 18. Problemet blev dog kun konstateret i de to første blokke (nr. 13 og 15), mens yderdørene i de to sidste blokke (nr. 17 og 19) tilsyneladende var tætte.



**Fig. 18.** Termografibillede af indgangsdør i nr. 15. Billedet er taget indefra og viser, at der øverst i modsatte side af hængslerne er en utæthed, formentlig fordi døren er en smule skæv. Dette blev bekræftet af undersøgelse med røgpinde.

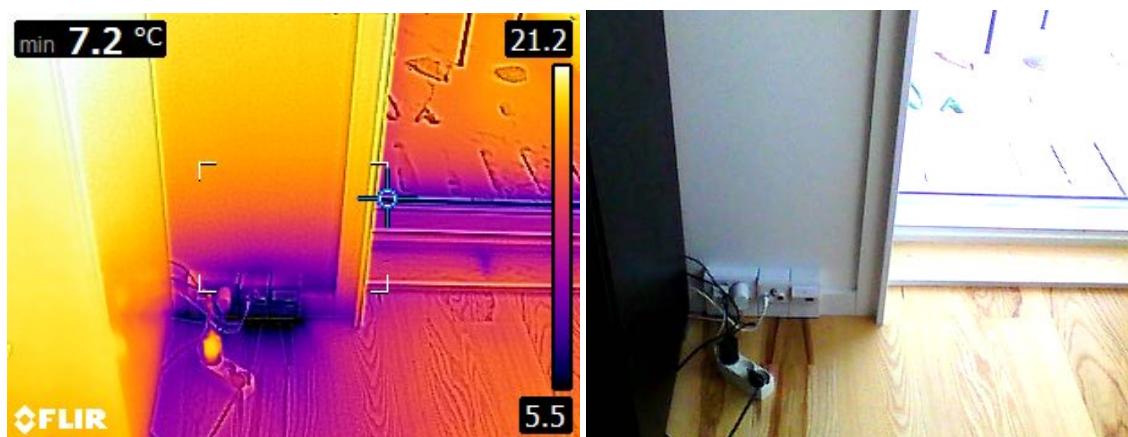
Af tegningsmaterialet fremgår der, at man havde valgt en yderdør med trepunktslukning. Entreprisedelen oplyste, at dette blev ændret af hensyn til låsesystemet, fordi man ønskede en såkaldt Salto-lås, der kun fungerer med en etpunktslukning. Dette kan have været med til at svække dørene, så de får den lille skævhed, som fører til den utæthed, jf. fig. 18.

Hvorfor fænomenet kun er begrænset til de to første blokke er ikke klart. Dels ligger afleveringen af alle fire blokke inden for ni måneder, så det er ikke forventeligt, at det blot er et spørgsmål om tid; dels oplyste entreprisedelen at alle døre var fra samme sending.

### Føringsveje for installationer

Kabler for el, telefon og internet m.m. er lagt i lodret tracé fra underetagen og op i bygningen, via kanaler indstøbt i betonen. Tilsyneladende er der dermed gennemgående forbindelse gennem alle etager fra den uopvarmede krybekælder. Dermed trækkes kold luft fra krybekælderen op i lejlighederne.

Dette kan forklare, at en række beboere har oplevet, at det trækker ind fra stikkontakterne, samt at nogle klager over lugt- og røggener mellem lejlighederne. Fig. 19 viser eksempel på kolde elinstallationer.



**Fig. 19.** Elinstallationer ved siden af altandør. Termografibilledet til venstre viser, at installationerne er væsentlig koldere end omgivelserne.

Administrationen kunne forevise en lille videofilm optaget i en af lejlighederne, hvor træk fra en stikkontakt blæser flammen på en lighter ud.

Ved besigtigelsen kunne afprøvninger med røgpinde ikke eftervise en luftstrøm fra elinstallationerne, heller ikke i den lejlighed, hvor den lille film var blevet optaget. Det kan skyldes, at der ingen vind var den pågældende dag. Derudover er der tilsyneladende nogle steder sket en eftertætning fra krybekælderen. Der var i hvert fald spor efter tætningskum i nogle krybekælderrum.

Luftgennemgang mellem lejligheder kan udover træk have betydning for lugt- og lydgener, men det udgør også en risiko i forbindelse med brand.



### 2.3.3 Kuldebroer

#### Brystningspartier

At der er anvendt væsentlig tyndere isolering i det lette brystningsparti betyder, at isolerings-  
evnen i brystningspartiet er ca. halvdelen af, hvad den er på de andre ydervægge (U-værdi på  
brystning ca. 0,33 W/m<sup>2</sup>·K og ca. 0,15 W/m<sup>2</sup>·K for ydervæg med 150 mm beton og 200 mm  
REDAir isolering).

At placere en radiator foran det lette brystningsparti giver komfortmæssigt god mening, da der  
dermed kompenseres for den koldere overflade. Energimæssigt betyder det imidlertid et øget  
energitab, da en del af varmen forsvinder direkte ud gennem ydervæggen.<sup>14</sup>

#### Gulve / lette partier / radiatoranlæg og varmerør

Dækelementerne er udført som insitu-støbt beton, hvori der er indstøbt bærejern til altaner.  
Det har ikke kunnet konstateres, om disse bærejern kan udgøre en kuldebro.

Langs det lette parti i karnappen er der monteret et vinkeljern, hvortil det lette parti fastgøres (se  
fig. 12, 13 og 14). Jf. tegningsmateriale og arbejdsbeskrivelse er der anbragt 150 mm randisole-  
ring langs altandøre og store vinduespartier i karnapper [ref. f]. Bredden af denne randisolering  
fremgår ikke. Ved besigtigelsen blev der ikke foretaget destruktive indgreb for at kontrollere om  
denne randisolering var til stede. Ved dæk over kælder og krybekælder er der anbragt 200 mm  
isolering under dækket.

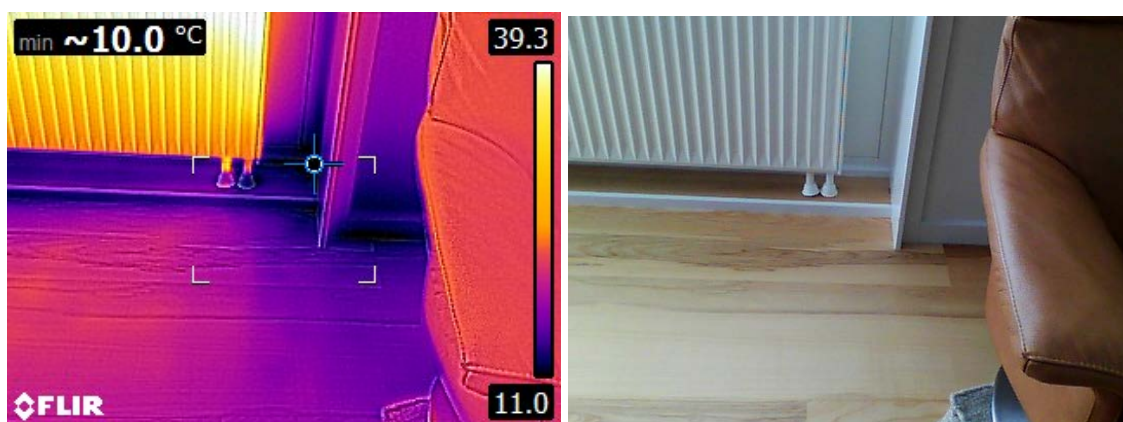
Målingerne af gulvtemperaturen viste, at gulvet foran altandør og let facadeparti nogle steder  
var omkring 12 °C [fig. 20]. Komfortmæssigt må dette anses for at være for koldt. De konsta-  
terede forhold stemmer overens med, hvad der blev målt ved 1-års gennemgangen, hvor vejret  
var sammenligneligt med det, der var ved den aktuelle besigtigelse.



**Fig. 20.** Termografibillede af areal foran altandør og let parti. Gulvtemperaturen er ca. 12 °C. Målt i  
lejlighed over krybekælder.

<sup>14</sup> Denne konstruktion ses på næsten alt nyere boligbyggeri. Her er formentlig en af de lavthængende frugter i relation til  
at reducere energiforbruget i fremtidens boliger – hvis man sikrer, at brystningspartier får samme U-værdi som  
ydervæggene generelt.

Selvom store dele af gulvet kunne være over 17°C, var der områder, hvor overflade-temperaturen var lav, især bag og under møbler (lænestole og sofaer), se fig. 21.



**Fig. 21.** Termografi billede af gulv og hjørne ved let facadeparti. Den koldeste temperatur er målt på det lette facadeparti (ca. 10 °C), mens gulvtemperaturen ligger mellem 18 °C (foran radiator) og 14 °C (ved lænestol). Målt i lejlighed på anden sal.

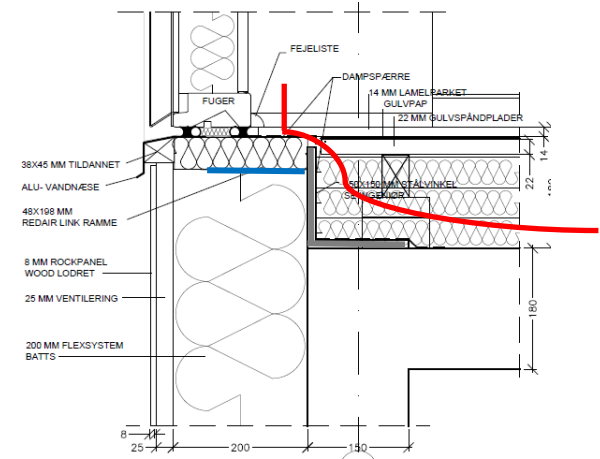
En årsag til de lave gulvtemperaturer kan være, at vinkeljernet, der bærer det lette facadeparti, kan blive afkølet, hvis der er utætte fuger under facadepartiet. Jernet vil dermed komme til at fungere som kuldebro, jf. termografiet fig. 21. Hvis der er udført en effektiv, tætsluttende isolering som angivet i tegningsmaterialet, vil kuldebroen dog blive væsentligt reduceret. Men punktet er kritisk og kræver omhyggelig udførelse. Se også afsnit 1.3.3.

Som nævnt er stuens radiator monteret på brystningen. Jf. fig. 21 kommer varmerørene op tæt på brystningen. Det er ikke helt klart, hvor varmerørene helt præcist er placeret, og hvordan de føres fra under gulvet, forbi vinkeljernet, gennem eller forbi den hårde REDAir link og op til radiatoren. Det kan ikke ses hverken ud af tegningsmaterialet eller på fotos fra udførelsen. Hvis man sammenholder billedet fig. 21 med det tidligere viste foto af den ufærdige brystning fig. 13 samt det lodrette snit fig. 14, må man konkludere, at varmerørene ligger tæt på vinkeljernet, og måske endda rører ved det. Som tidligere beskrevet er der risiko for, at vinkeljernet kan være koldt.<sup>15</sup>

Derudover ligger rørene tæt på to kritiske fuger på netop dét sted: mellem REDAir batts og Link-rammen, og mellem Link-rammen og vinduet. Som også nævnt tidligere, har der efter entreprisedeledens opfattelse ikke været tilstrækkelige anvisninger fra producenten på, hvordan tætningen skulle foretages. Der ser ud til at være meget lidt plads til at få rørene forbi, og det kan have været svært at udføre en ordentlig tætning og isolering netop i dét punkt. En utæthed i en af fugerne vil dels kunne nedkøle vinkeljernet, som kan overføre den kolde temperatur til varmerørene, dels kunne påvirke varmerørene direkte.

---

<sup>15</sup> *Entrepriselederen oplyser (august 2019), at man i udførelsen har anvendt 100 mm beslag til ophæng af radiatorer i stedet for de foreskrevne 50 mm beslag, netop for at få lidt mere plads til rørføring. Fotos af de faktiske rørføringer fig. 13, 20 og 21 sammenholdt med det lodrette snit viser dog, at der uanset dette stadig er meget lidt plads på det pågældende sted.*



**Fig 22.** Samme foto som fig. 13 og samme tegning (lodret snit) som fig. 14.

Brystningen er udført tyndere end selve ydervæggen for at give plads til, at radiatoren kan ligge (næsten) i plan med den indvendige side af ydervæggen, og ikke stikke frem. Den indvendige overflade på brystningen – som radiatoren hænges op på – ligger i plan med den hvide karm. Radiatoren hænger således umiddelbart over vinkeljernet (markeret med gråt). Den blå streg markerer fastgørelsesbeslagenes placering. Rørene kommer lodret op af gulvet som det ses på fig 20. Føringsvejen er meget snæver, og der er ikke meget plads til effektiv isolering af rørene. Det må forventes, at randisoleringen er fjernet omkring gennemføringen for at kunne komme til. De røde pile på fotoet og den røde streg på snittegningen angiver princippet for, hvor rørene er ført.

Derfor er der en potentiel risiko for, at kold udeluft kan trænge ind her. Hvis der slukkes for radiatoren, kan den (frost)kolde luft få vandet i rørene til at fryse og danne ispropper<sup>16</sup>. Det kan være en forklaring på fænomenet, for så vidt angår stuerne.

Der har imidlertid også være rapporteret tilfælde at isdannelse i varmesystemet i soveværelset, hvor vægkonstruktionen er en anden. Her er brystningen under vinduet udført i 8 cm beton, og der er angiveligt ikke fuger i nærheden af rørene.

En mulig forklaring kan være et sammenfald mellem følgende:

- at REDAir batts'ne på den pågældende brystning ikke slutter tæt i samlingerne, jf. afsnit 1.2.2.
- at der er et hulrum mellem isolering og beton (se afsnit 2.1.2)
- at radiatoren i rummet er slukket
- at der er evt. også er møbleret op ad brystningen og radiatoren, der således vil være isoleret på den indvendige side

I så fald vil væggen under særlige vejrsmæssige forhold – vind og frost over et stykket tid – kunne blive så kold, at der dannes is i rør eller radiator.

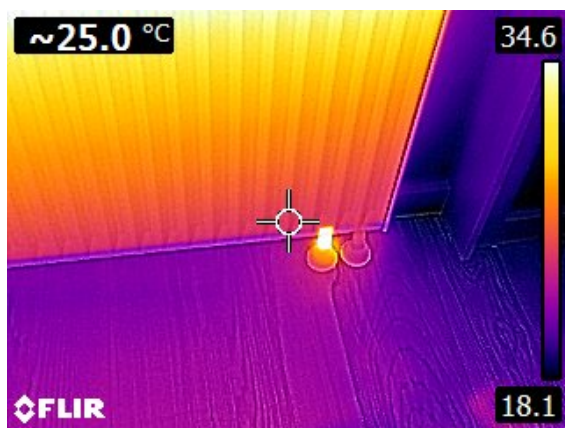
En anden – supplerende - forklaring kan være, at der ved monteringen af radiatoren (boring af hul og placering af dybel) er sket en punktvis afsprængning af betonen på den udvendige side.

<sup>16</sup> Det er Illuuts tekniske rådgivere, der har konstateret at der er tale om ispropper, hvilket er sjældent forekommende. Stop i varmeledninger forårsages normalt af luft eller urenheder i systemet.

Dette kan ske p.g.a. den begrænsede tykkelse. Dvs. at der her opstår et egentligt hul i betonen, hvor kold luft kan trænge ind.

Selve brystningsvæggen bliver måske ikke nedkølet til under frysepunktet, men i dette enkelte punkt kan der være frost. Det vil ligge lige bag radiatoren, og kan således give anledning til dannelse af en isprop i en slukket radiator.

At beboere vælger at slukke for radiatorer kan dels skyldes, at de ønsker at spare på varmen, når de luffer ud; dels at de finder det ubehageligt at sove op ad en varm radiator, jf afsnit 2.3.4.



**Fig. 23.** Termografibillede, der viser en effektiv varmeudnyttelse. Fremløbet nærmest lyser på billedet, og er væsentligt varmere end returen.

Kolde overflader kan også være påvirket af de stålprofiler, der bærer altanerne, og som er støbt ind i betondækkene. De vil udgøre kuldebroer. Isolering oven på dækkene kan modvirke påvirkning af gulvene. Omvendt vil betonlofterne kunne blive kolde, og dette vil give kuldenedfald (kold luft falder nedad). Kuldenedfald opleves ofte som træk.

### 2.3.4 Ventilation og luftcirkulation

Unaaq har mekanisk ventilation med varmegenvinding. Dvs. at der er udsugning i køkken og bad, og indblæsning af forvarmet luft i værelser. Der er ikke ved besigtigelsen foretaget test af ventilationen.

En lidt for kraftig udsugning (som nogle beboere har rapporteret om) kan være medvirkende årsag til at øge generne i form af træk og evt. hyl fra utætheder. Det er vigtigt for en god varmekomfort og for at reducere risikoen for skimmel, at der er en god luftcirkulation i rummene, så der ikke står lommer af stillestående luft foran en kold ydervæg.

Bygherren har ved de 'alsidige boliger' <sup>17</sup> ønsket, at lejlighederne blev mindre end fx i lejlighederne i punkthusene i Suleraq. Formålet har været at opnå en lavere husleje (beregnes som et beløb pr. m<sup>2</sup>).

De 2-værelses lejligheder i Unaaq-byggeriet er på ca. 45 m<sup>2</sup>. Badeværelset er relativt stort, og entreen har også 'normal' størrelse. Derimod er både stuen, køkkenet og soveværelset ret små.

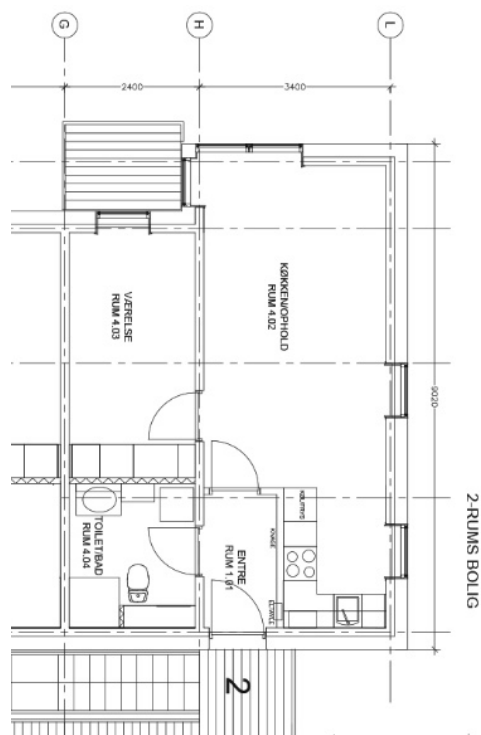
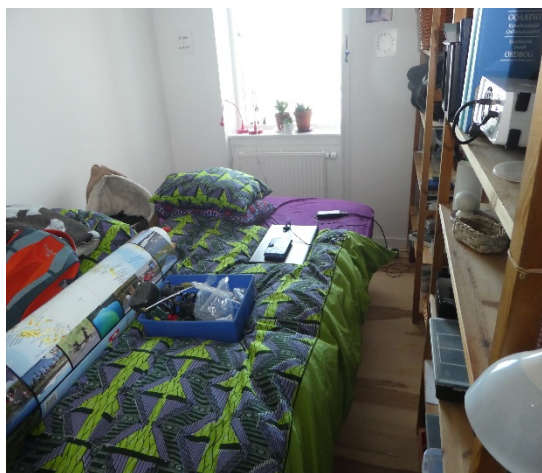
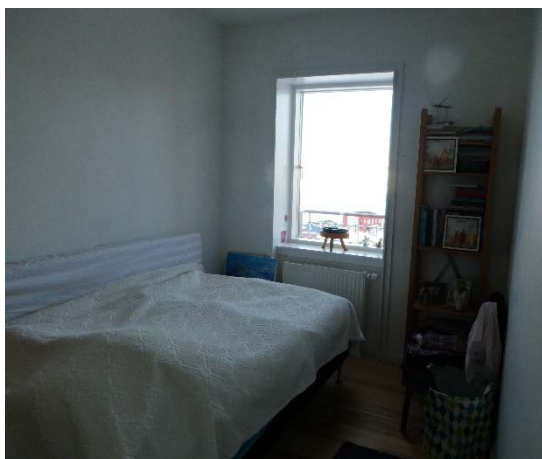
<sup>17</sup> 'Alsidige boliger' er betegnelsen for Selvstyrets koncept for boliger, som er mindre end dem man tidligere byggede. Man har ønsket at mindske størrelsen for at gøre boligerne billigere for lejerne.

Lejlighedens planløsning er ikke udviklet specifikt som en lille lejlighed, men fremstår mere som en nedskaleret version af en større lejlighed. Det skal bemærkes, at det ikke er en let opgave at udvikle løsninger til små lejligheder. Det skal nævnes, at der på verdensplan er en bevægelse mod netop udvikling af mindre boliger, hvor pladsen udnyttes effektivt. Det ligger uden for denne rapports rammer at komme nærmere ind på gode planløsninger til små lejligheder – her kan det blot konstateres, at især dimensioneringen af soveværelset har betydning for varmekomforten.

En af konsekvenserne af den valgte planløsning er, at der nødvendigvis må møbleres ret tæt op ad væggene. Det er særligt uheldigt, hvis ydervæggene er kolde. Ejerens rådgiver har tidligere målt markant lave temperaturer på nogle ydervægge, men ved besigtigelsen var dette ikke markant (stille vejr og ikke særligt koldt).

I stuen er det dog synligt på termografierne, at der er koldere bag og under møblerne. Det er ikke muligt at møblere fri af væggene.

I soveværelset er rummets begrænsede størrelse dog mere uheldig i forhold til luftcirkulation, komfort og indeklima. Rummene er så små, at sengen i realiteten kun kan placeres under vinduet og foran radiatoren, hvilket ikke giver en acceptabel komfort. Se fig. 24.



**Fig. 24.** Tv to soveværelser, begge med samme problem: rummene er så små, at en seng kun kan placeres under vinduet og foran radiatoren. Øverst th plantegning af de 2-værelses lejligheder.

Ved placering af en seng umiddelbart under et vindue vil der være kuldnedfald (opleves som træk) i koldt vejr.

Ved placering foran en tændt radiator vil der kunne blive ubehageligt varmt. Samtidig vil sengen spærre for, at varmen kan cirkulere i rummet efter hensigten.

Resultatet vil ofte være, at beboerne slukker for varmen.

Der vil være en potentiel risiko for udvikling af skimmel, hvis sengen står op ad en kold ydervæg. Der vil være stillestående luft under og bag sengen, samtidig med at fugtindholdet vil være relativt højt. Mennesker afgiver en del fugt, mens de sover. Der er ikke rapporteret om skimmel, men det kan udvikle sig over tid.

Det anbefales generelt, at man i en bolig holder nogenlunde samme temperatur i alle rum, og lader alle radiatorer varme ligeligt (dvs., at man ikke skruer helt ned for nogle og helt op for andre). Det giver den bedste komfort, det laveste energiforbrug og det bedste indeklima.

## 2.4 Øvrige forhold

### 2.4.1 Yderdøre og adgangsvej

Adgangen til lejlighederne sker via et åbent trapperum, placeret mellem hver af blokkens to bygningskroppe. Trapperummet er lukket til den ene side (vest) af et glasparti og åben til den anden side (øst)<sup>18</sup>. Det betyder, at der tilnærmelsesvist hersker udeklima i trapperummet, og der sker snefygning ind i trapperummet, se fig. 25. P.g.a. det ret milde vejr ved besigtigelsen var der kun moderat med sne, men ifølge nogle beboere kan der under visse omstændigheder danne sig store snedriver foran de to entredøre, der ligger nærmest den åbne side i trapperummet.



**Fig. 25.** Trapperum, der ligger mellem blokkens to adskilte bygninger. Der er monteret glasparti til siden mod vandet, men er åben til den anden side. Dette betyder bl.a. at der fyger sne ind i trapperummet.

<sup>18</sup> Illuut har i sommeren 2019 udført en lukning af trapperummenes åbne side.

Bygningens ejer oplyser, at det er planen at lukke også trapperummets indgangsside, for at få en bedre varmekomfort i lejlighederne. Det vil givet hjælpe på snedriverne foran entredørene, mens effekten på varmekomforten nok er mere begrænset.

## 2.4.2 Krybekældre

Under en mindre del af blokkens stueetager er der uopvarmede krybekældre, mens der under resten er pulterrum og teknikrum. Kun krybekældrene blev besøgt. I disse kældre var der isoleret mod dækket til stueetagen og ca. 60 cm ned ad væggene, se fig. 26. Ifølge projektet skulle væggene i krybekælderen have været fuldt isoleret - ikke kun i toppen, som det er tegnet for de egentlige kælderrum.



**Fig. 26.** Krybekælder under nr. 19. Der er isoleret på dæk mod stueetage og ca. 60 cm ned. Endevæggen mod øst er våd, hvilket også gælder den del af skillevæggen, der ligger under karnappen.

Desuden kunne det konstateres, at i nr. 17 og 19 var især den nordøstvendte væg våd, dvs. den ydervæg, der ligger under stuen i den østligste lejlighed. Det gjaldt i nogen grad også for den sydøstvendte væg. Krybekælderen havde den karakteristiske "kælderlugt", der er et tegn på fugt. I nr. 13 og 15 var væggene ikke våde på samme måde, men lugten var den samme.

At der er isoleret ca. 60 cm ned betyder en væsentlig reduktion af den kuldebro, som den ellers kolde betonvæg repræsenterer, selv om fuld isolering naturligvis ville have været bedre.

Derimod kan fugtig luft fra krybekælderen sprede sig til lejlighederne, hvis gennemføringerne til el ikke er tætnet jf. afsnit 2.3.2. Som tidligere beskrevet blev der dog i nogle krybekældre fundet rester fra opskumning, hvilket kunne tyde på, at der har fundet tætningsarbejde sted. Men som termografiet fig. 19 viser, er det nok ikke gjort alle steder.

## 3. Forslag til udbedring

I dette afsnit beskrives mulige udbedringsforslag for hver bygningsdel / problemkompleks. Disse er opdelt i to kategorier:

1. En gennemgribende løsning, der formodentlig vil løse problemet permanent, men som sandsynligvis er dyr.
2. En ad hoc løsning, der er enkel, men hvis effekt er mindre sikker end den gennemgribende løsning. Til gengæld vil denne løsning sandsynligvis være væsentlig billigere.

Ingen af løsningerne prissættes. Det er dog vurderingen, at en gennemgribende løsning generelt vil være for dyr i forhold til den kvalitet, der opnås. Prisen vil næppe stå mål med den generelle funktionelle levetid (se afsnit 4).

### 3.1 Klimaskærmen generelt

Det er vurderingen, at den "indbyggede" vindspærre i REDAir systemet ikke under de givne omstændigheder er tilstrækkeligt effektiv. Det kan betyde, at der i nogle områder sker gennemblæsning af isoleringen, hvorved væggen bliver kold. En kold væg fører dels til øget varmeforbrug og nedsat komfort, men kan også give kuldenedfald, der kan føles som træk. Derfor kan det være vanskeligt at skelne mellem utætheder i klimaskærmen og kolde områder.

#### 3.1.1 Gennemgribende løsning: Opsætning af vindspærre

En gennemgribende løsning ville være at nedtage facadepladerne og opsætte en egentlig vindspærre. Det kunne fx være en Cembrit Windstopper (Extreme) eller tilsvarende produkt af fibercement. Herefter skal facadepladerne sættes op igen.

Der er imidlertid en række problemer forbundet hermed:

- Facadepladerne på nr. 17 og 19 er nitted på stålskinner. For at demontere beklædningen skal nitterne bores ud.
- Når pladerne skal genmonteres, må det anbefales, at det sker med skruer, sådan at man fremover kan nedtage og genopsætte facadeplader i forbindelse med udskiftning eller kontrol. En skrueløsning er udviklet til Multi skinnerne, men kan formentlig ikke monteres i de oprindelige huller, fordi de bliver større ved udboringen.
- For at vindspærren skal være effektiv, må der ikke være et ventileret hulrum bag vindspærren, som derfor skal slutte tæt til REDAir isoleringen. Derfor vil det også være nødvendigt at demontere skinner/planker.
- En vindspærre af fibercement er relativ tung og vil skulle fastgøres ind i betonen med lange skruer, der skal kunne bære pladerne. Der vil være et relativt stort moment på disse.
- Formentlig skal facadebeklædningen fastgøres uafhængig af vindspærrepladerne. Det vil betyde, at der skal skrues mange skruer gennem isoleringen, og de vil udgøre en kuldebro.
- Den samlede tykkelse på facadekonstruktionen vil blive øget svarende til vindspærrens tykkelse. Det kan have betydning for bygningens hjørner og omkring vinduer, døre etc., såfremt de eksisterende plader genanvendes. Det kan evt. løses med et nyt og lidt bredere hjørneprofil.



Den skal også suppleres med en gennemgang og sikring af fuger omkring vinduerne, især på de kritiske punkter.

Montering af en vindspærre vil ikke ændre på bygningens tæthed, da denne sikres af betonen. Men det vil kunne hindre, at der trænger kold luft om bag isoleringen, hvilket anses for den primære årsag til problemerne.

Et alternativ til vindspærreplader kan være en vindspærredug som fx Tyvek. Det vil dog kræve en nærmere overvejelse omkring fastgørelse, men det kunne fx være med det disc/skrue-system, som er udviklet til (midlertidig) fastgørelse af REDAir batts. En dug regnes dog ikke for lige så effektiv som vindspærreplader, men kan muligvis være tilstrækkelig her. Fordelen vil være, at den ikke vejer så meget som pladerne.

Det ændrer dog ikke på, at også denne løsning er arbejds- og omkostningskrævende.

### 3.1.2 Ad hoc løsning: Udbedring hvor der er problemer

Det er ikke alle beboere, der har rapporteret om gener i form af ispropper, træk og kolde overflader. Derfor kan det være en mulighed alene at koncentrere sig om de lejligheder, hvor det er et problem, og udføre en partiel udbedring af de berørte områder og punkter.

#### Ved kolde overflader:

- Demontering af facadebeklædning i det berørte område.
- Området besigtiges, og det fastslås hvilke af de problemområder, der gør sig gældende her.
- Hvis REDAir'en i området ser ud til at være utæt i samlingerne (fx hvis der er anvendt mange tilpasningsstykker) nedtages isoleringen, og der opsættes nye sammenhængende batts.
- Hvis der er ujævnheder på betonbagvæggen, skal disse borthugges eller udspartles.
- Ny isolering monteres i så hele batts som muligt, og med en flexzone i alle samlinger.
- Det skal i det hele taget sikres, at isoleringen er monteret helt efter forskrifterne.
- Alle isoleringsbatts fastgøres mekanisk, og der monteres LVL-planker over alle lodrette samlinger (LVL, fordi de har større modstand mod vind).
- Facadeplader genopsættes med skruer.  
I nr. 17 og 19 må der findes en monteringsmetode, som enten kan være større skruer i de større (udborede) huller, montering i nye huller (med en dækskrue i de oprindelige), eller fx montering af en træskinne bag metalskinnens flange, så nye skruer kan sidde fast i denne.
- Denne løsning gælder også de steder, hvor der er rapporteret om ispropper i radiatorer på betonbrystninger (fx i soveværelser). Hvis der er afsprængt skaller ud for dyblen, skal der fuges eller spartles.

Det vil ikke være muligt at opsætte en partiel vindspærreplade eller –dug. Skal den være effektiv, skal den slutte tæt hele vejen rundt om bygningen.

Det skal bemærkes, at evaluatorene ikke har bekymring ved at anvende træ i det ventilerede hulrum mellem isolering og facadebeklædning. Det må anses for en sikker løsning, i og med at der er ventilation, trælistor / planker sidder beskyttet, og i øvrigt er imprægneret mod svamp.

Imprægneringen vil dog næppe være virksom over for skimmel. Risikoen for skimmel i denne konstruktion vurderes dog til at være lav. Evt. skimmel her vil heller ikke gøre skade, fordi det ikke påvirker indeklimaet, og fordi skimmel ikke i sig selv er trænedbrydende.

## 3.2 Karnapper inkl. let facadeparti

Et væsentligt problem ved karnapperne er, at der er reduceret isoleringsmængde i det lette parti under vinduet og at fugerne omkring vinduespartiet ikke altid er tætte.

### 3.2.1 Gennemgribende løsning: Øget isoleringsmængde og fugetætning

At udskifte hele facadepartiet med et andet og bedre isoleret parti, færdigfremstillet på fabrik, kan være en løsning. Det er dog dyrt, og kræver den fornødne omhu i monteringen som tidligere er nævnt, hvis ikke man skal risikere at få samme problemer.

En løsning, der udføres på stedet, vil sandsynligvis være billigere, og formentlig med større sandsynlighed for et godt udfald. Det vil dog ikke være 'billigt'.

Der foreslås følgende:

- Nedtagning af radiator under stort vinduesparti i stue.
- Bagplade fjernes og dampspærre tages ud.
- Der fuges mod bagpladen (udv. beklædning), hvis denne ikke slutter tæt til karmen.
- Gulvet skæres op foran vinduespartiet, så der kan etableres ny rørføring til varmerør. Randisolering retableres i området.
- Fuger under færdigt gulv eftergås, og det sikres at de er tætte og korrekt udført.
- Eksisterende karm under vinduet påføres, således at der bliver plads til ca. 200 mm isolering i alt.
- Isolering placeres i rammen. Dampspærren monteres, så den slutter tæt til elementet, men ikke kan ses når den indvendige beklædning er monteret.
- Resterende fuger eftergås, og det sikres at de er tætte og korrekt udført.
- Beklædning på brystningen monteres.
- Ny føring af varmerør etableres, og radiator monteres og tilsluttes.
- Gulv udbedres i det optagne område.

Den helt præcise udformning kan først fastlægges endeligt, efter at gulvet er skåret op. Hvis denne løsning udføres korrekt, vil problemet med utætheder i forbindelse med samlinger i facadepartiet også være løst.

### 3.2.2 Ad hoc løsning: Fugning omkring indvendig beklædning

Tilsyneladende er man allerede begyndt at fuge omkring den indvendige beklædning af det lette parti, der hvor beboerne klager over, at det blæser ind. Denne løsning kan man fortsætte med. Hvis det lykkes, virker det – men det kan være svært at udføre effektivt, pænt og holdbart.

- Man kan forbedre løsningen ved at demontere radiatoren for at sikre, at man kan komme til at fuge. Hvis en utæt fuge sidder halvt nede bag radiatoren, er det svært at komme til.
- Evt. kan man demontere den indvendige beklædning for at sikre, at dampspærren i elementet slutter tæt.

- Evt. kan man montere en ny beklædningsplade oven på den eksisterende, efter at samlingerne er fuget – én plade, der dækker hele fyldningen + lidt ind på karmene. Monteres med en monteringslim, der er ubrudt hele vejen langs kanten. Dermed undgår man, at der er grimme fuger, som ikke holder så længe. Tætheden skal kontrolleres inden radiatoren genmonteres.

Denne løsning er ikke optimal. Den kræver demontering af radiator, hvilket er en større operation, der betyder, at vandet skal tages af anlægget. Samtidig løser det ikke problemet med, at der vil være koldt i området - med mindre der fyres kraftigt, hvorved varmetabet vil være betydeligt.

### 3.3 Fuger omkring vinduer

Problemet med fuger omkring vinduer (især over vinduer) blev ikke observeret ved besigtigelsen. Entrepriseledelsen gjorde opmærksom på, at det var konstateret flere gange.

Hvis forholdet skal udbedres, er der reelt kun én effektiv måde:

- Facadeplader afmonteres i området over vinduet.
- Isoleringen over vinduerne fjernes. Det vil formentlig tillige være nødvendigt at demontere skinne / planker i det berørte område.
- Der monteres inddækning, som dækker oversiden af Link-rammen og går op ad betonen (se fig. 15), således at indtrængende vand ledes ud igen.
- Isoleringen reableres i h.t. nugældende anvisninger.
- Montage af LVL lister eller Multisystem samt facadebeklædning (se bemærkninger under afsnit 1.1.2).

Det er ikke afklaret, i hvor stort et område facadepladerne skal nedtages. Der skal være plads til dels at etablere inddækning, dels at sikre at planker / skinner ikke bliver for korte.

#### Gennemgribende eller ad hoc

Den gennemgribende løsning vil være at gennemføre løsningen ved alle vinduer. Ad hoc løsningen vil være alene at udvælge de vinduer, hvor problemet er konstateret.

Det vil være væsentlig lettere at udbedre problemet, hvis alle facadeplader alligevel fjernes, fordi der skal etableres vindspærre.

### 3.4 Gulvkonstruktion

Hvis årsagen til det kolde gulv hovedsageligt ligger i utætte fuger ved vinduespartiet, vil løsningen være som beskrevet i de foregående afsnit.

Det er væsentligt, at randisoleringen under gulvet foran altandør og let brystningsparti er intakt<sup>19</sup>.

---

<sup>19</sup> Det oplyses, at der er udført fuld isolering under alle gulve, og ikke kun randisolering. Det ændrer dog ikke ved, at det er særligt vigtigt, at isoleringen i randzonen ligger korrekt.

### Gennemgribende eller ad hoc

En gennemgribende løsning vil være at tage gulvet op i området i alle lejligheder og for at sikre, at der er tætsluttende isolering.

Den mindre gennemgribende løsning ville være alene at gøre det i lejligheder, hvor problemet konstateres.

Som første tiltag kunne man lave en destruktiv undersøgelse af området i én lejlighed, hvor gulvet opleves som koldt, for her at undersøge problemet nærmere og konstatere, hvordan isoleringen ligger.

## 3.5 Yderdøre og adgangsvej

Bygningsejeren har besluttet at lukke trapperummene mod øst.

Derfor omhandler dette forslag alene yderdørene.

Lukning af trapperummene vil sandsynligvis reducere trækgenerne, men næppe eliminere dem. Trapperummet vil fortsat være koldt, og den kolde luft kan trænge ind gennem de utætte døre. Dette kan selvfølgelig være en gene (træk), men vil formentlig kun have lille betydning for energiforbruget i lejlighederne - varmetabet ad denne vej vil sandsynligvis kun være en lille del af det samlede varmetab.

Der er ikke konstateret kolde vægge ud mod trapperummet.

### 3.5.1 Gennemgribende løsning: Udskiftning af døre

Yderdørene kan skiftes til mere tætsluttende døre, evt. kun i nr. 13 og 15.

Det vil formentlig også indebære, at man må forlade det nuværende låsesystem til fordel for et system, der kan fungere med en trepunktslukning af dørene.

Uden en trepunktslukning kan man ikke være sikker på, at de nye døre ikke får samme problem som de gamle.

Entrepriseledelsen mente, at der findes andre låsesystemer (svarende til Salto), der fungerer på trepunktslukninger. Det var bare ikke et af dem, som bygherren havde valgt, og de pågældende producenter er muligvis ikke etableret i Grønland.

### 3.5.2 Ad hoc løsning: Anslagsliste på karm

En billigere løsning ville være at forbedre tætningen af døren ved at opsætte en ekstra anslagsliste med tætningsliste på dørkarmen. Løsningen ville være synlig, men hvis den males i samme farve som dør og karm, vil den ikke være iøjnefaldende. Det vil være en billig løsning, og erfaringerne fra opsætning af den type lister andre steder viser, at det også er en effektiv løsning.

## 3.6 Føringsveje for installationer

Selv om varmetabet via tomrør, der fungerer som føringsveje for installationer, er begrænset, kan det af beboerne opleves som ubehageligt, når det trækker ind ad stikkontakterne. Trækgenerne har været forstærket af, at udsugningen i en lang periode har været alt for kraftig p.g.a. fejlindstilling af anlægget (jf. 2.3.2).

Problemet er todelt:

- Træk med kold luft fra kælder eller krybekælder
- Luftgennemgang mellem lejligheder som kan resultere i lugt og støjgener.  
I brandtilfælde vil der desuden være risiko for brandspredning ad denne vej.

Træk med kold luft kan hovedsageligt stoppes ved at tætnet tomrørene ved dækket mod kælder eller krybekælder. Dette kan fx ske med skum, der samtidig virker brandstoppende.

En tætning på denne måde er til dels allerede sket.

Luftgennemgang mellem lejligheder kan stoppes ved at tætnet tomrørene ved etageadskillelsen. Det skal sikres, at en sådan tætning er lovlig (at produktet er egnet og godkendt til formålet) og ikke påvirker installationerne.

Principielt kan man med sporgas måle, om der sker overførsel af luft fra krybekælderen til lejlighederne. Denne undersøgelse vil normalt kræve tid og specialudstyr.

Det kan være en ide at oplyse beboerne om, at der er sket udbedring, og bede dem om at melde tilbage på, om de fortsat oplever træk fra stikkontakter som et problem.

Om løsningen er gennemgribende eller en ad hoc løsning, afhænger alene af omfanget.

### 3.7 Krybekældre

I princippet er der ikke observeret noget egentligt problem i krybekældrene, selv om der nogle steder er konstateret meget våde vægge.

På sigt kan dette betyde, at der vil opstå skimmelsvamp i krybekælderen. Selv om der kun er anvendt uorganiske materialer, vil der være organisk støv og snavs som gør, at der kan gro skimmelsvamp på overfladerne.

Derfor bør årsagen til de våde vægge undersøges, herunder også om væggene er våde hele året, eller om de tørrer ud ind i mellem.

Det er derfor væsentligt at sikre, at der ikke sker luftoverførsel fra krybekælder til lejlighederne.

## 4. Udbedring, anbefaling

Den gennemgribende løsning, hvor man monterer en vindspærre på hele bygningen, vil formentlig være den mest effektive, men den vil ikke løse alle problemer. Det vil også være en dyr løsning, og den vil muligvis være mere holdbar end bygningerne som helhed. Dvs. at investeringen ikke står mål med afskrivningsperioden.

Derfor er forslaget, at man generelt vælger ad hoc løsninger og accepterer, at der vil være et øget vedligehold på bygningerne. Det vil være mest i de førstkommande år, derefter forhåbentlig faldende.

Uanset hvilken løsning, man ender med at vælge, anbefales det først at gøre følgende:

1. En samlet registrering af alle problemer i alle lejligheder, af deres karakter og hvor de optræder.
2. På den baggrund besluttes det, hvad der skal gøres for at udbedre.
3. Disse løsninger afprøves først de steder, hvor problemerne er værst – meget gerne samlet i en halv blok – for at høste erfaringer.
4. Hvis løsningerne viser sig at være gode, kan de gennemføres i resten af byggeriet.

Det er vigtigt, at både registrering og plan for udbedring præsenteres for beboerne, så de kan se, at der sker noget. Det er også vigtigt at gøre klart, at selv om løsningerne er gennemtænkte, er der ingen garanti for resultatet. Det er derfor, at løsningerne først afprøves på nogle boliger, så man kan høste erfaringer og ikke generer beboerne unødigt. Beboerne skal holdes løbende orienteret om planens fremdrift og resultater.

Det skal bemærkes, at løsninger, der kan gennemføres indefra eller uden stillads, vil være at foretrække. "indefra-løsninger" vil ganske vist være mere generende for beboerne, men det vil være væsentligt billigere og mindre vejrfølsomt.

På den baggrund foreslår vi følgende:

- Ad hoc udbedring af klimaskærmen inkl. fuger i de berørte områder.
- Hvor der er (meget) fodkoldt i karnappen kan gulvet tages op.
- Tætning af brystningerne, inkl. demontering af radiator, fugning + ny plade.  
Kan gøres om sommeren, og for en hel streng ad gangen.
- Tætning af alle rørgennemføringer som beskrevet.
- Anslagslister på døre.
- Krybekældre undersøges for årsag til fugt.

## 5. Konklusion

### 5.1 Forsøgsbyggeri?

Der er stillet spørgsmålet, om der her er tale om et forsøgsbyggeri. Det fremgår ikke fuldstændig klart af projekt materialet. Rådgiverne har dog i 2015 fået projektet betegnet som forsøg i en aftale med Illuut.

Projektet er imidlertid ikke fra bygherreside klart defineret som sådant.

Det er åbenlyst, at man af forskellige årsager har ønsket at anvende et facadesystem, som ikke var fuldt færdigudviklet inkl. monteringsanvisninger; som ikke var specificeret til de klimatiske forhold i Nuuk; som hverken projekterende eller udførende havde erfaringer med; og hvor der ikke var færdiggjorte byggerier at referere til, hverken i Grønland eller i Danmark.

Entreprenøren henviser på sin hjemmeside til, at der er tale om et "islandsk system". Det er muligt, at der er referencer i Island. Man skal dog være forsigtig med at overføre erfaringer herfra direkte, fordi man i Island har billig energi i rigelige mængder. Derfor kan man varme sig ud af problemer med træk, kuldebroer etc., og så kan meget lade sig gøre. Desuden anvender man generelt mindre isoleringstykkelser i Island. Problemer med fugt i konstruktioner er generelt mere forekommende ved større isoleringstykkelser.

### 5.2 Uorganiske materialer?

Skimmelsvamp har været et meget omtalt problem i Grønland.

Skimmel er formentlig et problem for indeklimaet<sup>20</sup>, men er ikke i sig selv trænedbrydende.

Det har naturligt nok givet anledning til at sætte fokus på, hvordan man kan undgå dette i fremtidens byggeri.

Skimmelsvamp lever af organisk materiale. Derfor har man ment, at man ved at bygge i uorganiske materialer kunne undgå skimmel, og ønsket om de uorganiske materialer har været en underliggende agenda for Unaaq-byggeriet.

Uorganiske byggematerialer kan være metal (stål, aluminium), sten, beton, plast og en række kompositter.<sup>21</sup> Alternativet til de uorganiske byggematerialer vil generelt være træprodukter.

Uorganiske materialer er imidlertid ingen garanti mod skimmelsvamp.

I luften er der naturligt store mængder organisk støv, som stammer fra både mennesker og fra naturen. Det sætter sig på overflader på inde og ude. Hvis der er fugt tilstede – fx fordi fugtig luft kondenserer på en kold overflade (en kuldebro) – kan skimlen gro. Skimmelrisici skal også ses i

---

<sup>20</sup> Der er nogen diskussion i sundhedskredse, om indeklimarelaterede sundhedsproblemer skyldes selve skimmelsvampen, eller om de forårsages af den fugt, som også skimmelsvamp lever af. Det er dog en akademisk diskussion for de beboere og brugere, der lever med generne. Pointen er den samme: at man bør undgå fugt på indvendige overflader.

<sup>21</sup> Kompositter er sammensat af forskellige materialer, typisk fibre og et bindemiddel. Fibre i komposit kan være organiske – fx bambusfibre -, men det vil være indkapslet i et (delvist) uorganisk bindemiddel.

forhold til, at der naturligt forekommer store mængder skimmel i naturen og således også i husets almindelige omgivelser.

En anden årsag til ønsket om uorganiske materialer er at mindske behovet for vedligehold samt at opnå længere levetid.

Det er til dels rigtigt, at uorganiske materialer holder længere og kræver mindre vedligehold, men de holder ikke evigt. Uorganiske materialer nedbrydes af bl.a. UV-lys (sol), fugt, mekanisk påvirkning etc., og er generelt vanskeligere reparer-bare end fx træ. Ofte vil reparation være lig med udskiftning (men det kan i nogle tilfælde også være den letteste løsning).

Af ovennævnte årsager er det langt vigtigere at fokusere på rigtigt udførte konstruktioner end på, om materialerne er organiske eller uorganiske. Samtidig skal man gennemtænke, hvordan konstruktioner kan repareres. Det gælder ikke kun i forbindelse med vedligehold, men også hvis der sker andre skader, som det fx er set på Unaaq.

Det skal bemærkes, at der i de senere år sket en stor udvikling inden for imprægnering af træ, så det holder længere. Samtidig anvender man generelt bedre kvaliteter til fx vinduer, udvendig beklædning etc.

Af hensyn til klimaet går tendensen internationalt i retning af at anvende mere træ og andre organiske materialer i byggeriet, også fordi disse er fornybare og ikke begrænsede ressourcer.

### 5.3 Billigere og mindre boliger

Med boligerne i Unaaq har man ønsket at mindske boligstørrelsen for at opnå en lavere husleje<sup>22</sup>.

Det er politisk bestemt, men man kan diskutere, om det er den rigtige strategi. Basisudgifterne for boliger - til føringsveje, installationer, bad og køkken etc. – er de samme, næsten uanset boligstørrelsen.

Derfor vil m<sup>2</sup>-prisen være højere for små boliger. Hvis huslejen samtidig er lavere, bliver udgiften for den offentlige bygherre højere. Man kunne i stedet have sænket huslejen, uden at det nødvendigvis havde kostet mere for bygherren. Unaaq er samtidig blevet et ret dyrt byggeri.

Unaaq 13-19 er et eksempel på små boliger, der ikke er udviklet som sådan, og som derfor både teknisk og funktionelt ikke er hensigtsmæssige. Der er en international bevægelse for små boliger, og også billiggørelse er et tema mange steder. Ikke alle løsninger vil kunne bruges i Grønland, men man vil givet kunne få god inspiration.

Det skal bemærkes, at det formentlig er vanskeligere at indrette små funktionelle boliger i Grønland, fordi behovet for rumlighed er større. Temperaturforskellene gør det nødvendigt med et vindfang mellem inde og ude, og der skal være plads i entreen til overtøj, fodtøj etc. P.g.a. vinterudstyret vurderes behovet for opbevaringsplads at være større end fx i Danmark. Samtidig

---

<sup>22</sup> Huslejen er politisk fastsat, og beregnes i forhold til areal. Derfor er en mindre lejlighed = en mindre husleje.



er der formentlig også en større del af det sociale samvær, der foregår i boligerne. Der er ikke den samme kultur for at mødes på restauranter og caféer som længere sydpå.

Hvis man vil videre i retning af billigere og evt. mindre boliger, skal der udvikling til. Dette kan næppe gøres i forbindelse med én almindelig byggesag med kort projekterings tid.

Man kunne overveje at udskrive en eller to idékonkurrencer for at indhente gode forslag.

Derudover vil en god dialog med branchen også kunne bidrage til udvikling.

## 5.4 Erfaringer til fremtiden

Bygherren har også spurgt, hvilke erfaringer man kan uddrage af denne sag med henblik på fremtidige byggerier – fx om man i fremtiden skal undlade at bygge med nye systemer, der ikke er afprøvet i Arktis.

Det er nok lidt vidtgående. Forsøg med nye metoder, materialer og byggesystemer er nødvendige for at udvikle byggeriet, så det kan blive bedre og muligvis også billigere.

Et krav om, at metoder og systemer skal være afprøvet i Arktis, vil også udgøre et problem. Samlet set bygges der relativt lidt i den arktiske region. Hvis alle stiller et krav som dette, vil konsekvensen være meget lidt innovation i det arktiske byggeri. Dertil kommer, at Arktis ikke klimatisk set er en ensartet størrelse. Der er store forskelle på de klimatiske påvirkninger i de forskellige arktiske egne. Dét, der holder på Island eller i det nordlige Finland, er ikke nødvendigvis det rigtige til Grønland.

Derfor kommer man næppe uden om også at bygge med nye materialer, metoder og systemer, men en række forbehold kan gøre det mindre risikabelt:

### 1) Det koster mere – i projektering, evt. i udførelse, og også i opfølgning.

Første gang man arbejder med noget nyt, skal der afsættes ekstra tid både til en fyldestgørende projektering, men også til opfølgning.

### 2) Test i små enheder frem for større

Hvis forsøget ikke falder ud som ønsket, er omkostningerne til udbedring mindre, og man generer ikke så mange beboere.

### 3) Risikovurdering

Hvad er risikoen, hvis man fejler?

Det gælder både teknisk, i forhold til funktion og indeklima (beboere / brugere), samt ikke mindst den økonomiske risiko i forhold til at skulle udbedre et fejlbehæftet byggeri.

Risikovurderingen skal foretages, inden det fysiske byggeri går i gang.

### 4) Begræns fokus på uorganiske materialer.

Det er vigtigere at sikre korrekte konstruktioner samt at undgå kuldebroer.

## 5) Sikkerhed for korrekt udførelse

Der skal foreligge præcise anvisninger fra producenter eller rådgivere på, hvordan materialer og systemer skal anvendes, og hvordan arbejdet skal udføres. Evt. skal håndværkerne uddannes inden arbejdet på byggepladsen.

## 6) Granskning af projektet

Det kan være hensigtsmæssigt at lade eksterne granske projektet inden byggeriet går i gang, netop med henblik på at identificere kritiske punkter. Det kan være svært for de projekterende – selv om de er omhyggelige – selv at få øje på evt. mangler.

## 7) God dialog mellem rådgivere, entreprenører og bygherrer

Evt. indsigelser er ikke nødvendigvis ensbetydende med manglende vilje til nytænkning, men kan være relevante pointer, som skal løses.

Entreprenører og rådgivere skal lytte til bygherrens ønsker om nytænkning. Bygherren skal lytte til entreprenører og rådgiveres evt. betænkeligheder i forhold til udførelsen.

Parterne skal sammen udvikle de gode løsninger.

## 8) Grundigt tilsyn – både fra de projekterende og fra bygherren

De projekterende skal sikre en opfølgning fra projekt til udførelse. Samtidig er det dog vigtigt ved nye metoder, at bygherrens tilsyn har særligt fokus på at fange evt. mangler i det nye. De to parter har hvert sit fokus, og det er vigtigt, når man bevæger sig ud af rutinearbejdet. Men det bør være samme teams, der fører byggeriet helt til dørs, så der ikke sker tab af viden undervejs.

## 9) Opfølgning og erfaringsopsamling

- Virkede det efter hensigten?
- Er det noget, man skal arbejde videre med?
- Er der noget, der skal gøres anderledes næste gang?
- Hvad er næste skridt / videreudvikling?

## 5.5 Hvad nu hvis.....?

Der er altid risici ved at afprøve noget nyt.

I Danmark har man taget konsekvensen, og oprettet byggeskadefonde for henholdsvis almene og private byfornyelsesboliger. Det er beboerne i alle boliger, der via et mindre beløb over huslejen betaler ind til fondene. Disse fonde træder til, hvis der viser sig fejl ved anvendelse af nye materialer og metoder, sådan at udbedring ikke bliver en uoverstigelig belastning for de berørte beboere.

Man kunne ønske sig en tilsvarende ordning i Grønland. Den kan dog være vanskelig at realisere, fordi den samlede boligmasse er for lille i forhold til de enkelte "risiko-sager", og bidraget fra de øvrige beboere ville dermed blive uforholdsmæssigt stort.

I stedet kunne man forestille sig, at de offentlige bygherrer afsætter en generelt pulje til udbedring af byggefejl. Alternativt, at man ved forsøgsbyggeri reserverer et beløb over fx 5 år, hvorefter det kan frigives til andet byggeri, såfremt det ikke er brugt.

## Referencer

- a. Lading, Tove: "Evaluering af Arktisk Byggeskik – ABC-projektet. Projektbeskrivelse". Byg DTU 22.06.2018.
- b. "REDAir® - tre unikke systemer til facadeisolering.....". Rockwool A/S 2017 (brochure).
- c. "REDAir® - Arbejdsvejledning for REDAir LINK, REDAir FLEX og REDAir MULTI". Rockwool A/S 2017.
- d. "Registreringsrapport Unaaq 13 – 003". tnt nuuk a/s. 16.03.2018.
- e. Sivertsen, Filip: "Unaaq 13-19. Varmeforbrug vs. beregninger". SMJ Ingeniørnit Siunnersuisut 19.03.2019 (notat).
- f. Oversigt, arkitekttegninger. Sendt fra tnt nuuk a/s d. 06.11.2018.  
I alt 66 tegninger + SA med bilag.
- g. Tegninger VVS-projekt. Inuplan A/S. 2015.  
I alt 11 tegninger, I 301-0 – I 340-0.

Der har været adgang til det komplette ingeniørprojekt for konstruktioner og el, men dette materiale har ikke haft relevans for evalueringen.







**DTU Byg**  
Institut for Byggeri og Anlæg

Brovej, Bygning 118  
2800 Kongens Lyngby  
[www.byg.dtu.dk](http://www.byg.dtu.dk)